

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

CIBELE GASPARELO VOLTANI

REDESCRIÇÃO OSTEOLÓGICA COMENTADA E ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS DOS
GÊNEROS *NOTELOPS* E *RHACOLEPIS* (PACHYRHIZODONTOIDEI)

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Reinaldo J. Bertini

Rio Claro - SP
2016

560.45 Voltani, Cibele Gasparelo
V935r Redescricao osteologica comentada e aspectos
paleoecologicos dos generos Notelops e Rhacolepis
(Pachyrhizodontoidei) / Cibele Gasparelo Voltani. - Rio
Claro, 2016
178 f. : il., figs., tabs., quadros

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociencias e Ciencias Exatas
Orientador: Reinaldo Jose Bertini

1. Paleocologia. 2. Peixes fosséis da Bacia do Araripe. 3.
Paleoictiologia. 4. Bacia do Araripe. 5. Eocretáceo. I. Título.

CIBELE GASPARELO VOLTANI

REDESCRIÇÃO OSTEOLÓGICA COMENTADA E ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS DOS GÊNEROS
NOTELOPS E *RHACOLEPIS* (PACHYRHIZODONTOIDEI)

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Reinaldo José Bertini

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* Rio Claro

Prof. Dr. Roberto Goitein

Instituto de Biociências
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* Rio Claro

Prof.^a Dr.^a Marise Sardenberg Salgado de Carvalho

Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.^a Dr.^a Alcina Magnólia da Silva Franca

Centro de Tecnologia e Geociências
Universidade Federal de Pernambuco, *Campus* Recife

Prof.^a Dr.^a Maria Helena Ribeiro Hessel

Autônoma
São José do Rio Preto, SP

Rio Claro, SP, 08 de junho de 2016

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), através do Instituto de Geociências e Ciências Exatas - *Campus* de Rio Claro nas pessoas de Prof. Dr. Norberto Morales e Prof.^a Dr.^a Paulina Setti Riedel, pelo comprometimento com os alunos de pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Reinaldo José Bertini, pelo vínculo institucional.

À Comissão Avaliadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dr. Roberto Goitein (Instituto de Biociências, UNESP, *Campus* Rio Claro), e Prof. Dr. Pablo Henrique Nunes (UNILA, Paraná) e à Comissão Avaliadora da Defesa de Tese de Doutorado, Prof. Dr. Roberto Goitein, Prof.^a Dr.^a Marise Sardenberg Salgado de Carvalho (Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro), Prof.^a Dr.^a Alcina Magnólia da Silva Franca (Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, *Campus* Recife) e Prof.^a Dr.^a Maria Helena Ribeiro Hessel (autônoma, São José do Rio Preto, SP) pela avaliação profissional, pelas sugestões e disponibilidade em contribuir ao longo do processo de finalização da tese.

Ao Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild (Instituto de Geociências, USP, *Campus* Capital), pelo empréstimo dos exemplares e autorização para preparação dos mesmos. À Prof.^a Dr.^a Juliana de Moraes Leme (Instituto de Geociências, USP, *Campus* Capital), pela autorização à utilização dos equipamentos e dependências do Laboratório de Paleontologia Sistemática.

Ao José Artur Ferreira Gomes de Andrade (Departamento Nacional de Produção Mineral, Crato, Ceará) pelo acesso ao acervo do DNPM, profissionalismo e paciência em atividades de campo, além do compartilhamento de seus conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Alexandre Magno Feitosa Sales (*in memoriam*) pela atividade de campo, por viabilizar o acesso às diferentes coleções e pela hospitalidade.

Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli (Instituto de Geociências, USP, *Campus* Capital), pelas valiosas sugestões que muito aprimoraram a qualidade desta tese.

Ao Antonio Teruyoshi Yabuki (Instituto de Biociências, UNESP, *Campus* Rio Claro) pelo processamento do material em Microscopia Eletrônica de Varredura.

Aos doutores Thaís Tinós e Mateus Vidotti, pela elaboração do mapa da figura 1.

Ao Bruno César Araújo, pelas imagens cedidas.

À Rosangela Vacello (Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, *Campus* Rio Claro), pelo paciente auxílio em cada instância protocolar e pela companhia nos cafés.

À Ivone Cardoso Gonzales (Instituto de Geociências, USP, *Campus* Capital), pelo auxílio profissional e pessoal ao longo do desenvolvimento desta pesquisa e pela companhia nos cafés (e bolos!).

Aos então estagiários do Laboratório de Paleontologia Sistemática (Instituto de Geociências, USP, *Campus* Capital), Luiz Gustavo Pereira, Higor Tadeu da Silva, Bruno Gramulha, Igor Fernando Tadeu e Priscila Lydia Petrelli, pelo auxílio na catalogação e separação do material para empréstimo. E também por toda diversão, claro! (#pokéseternos).

À Maria Helena Gasparelo e Gisele Gasparelo Voltani, pilares do equilíbrio e provedoras de raros e contínuos exemplos de ética, tolerância e compreensão.

À Prof^a. Dr^a. Marília Rodrigues Pereira-Noronha e ao Prof. Dr. Milton Passipiéri, (Departamento de Biologia e Zootecnia, UNESP, *Campus* Ilha Solteira), pela amizade ao longo da graduação e acompanhamento ao longo da pós-graduação. Algumas lições que aprendi com vocês eu continuo replicando. Vocês são ótimos!

Aos amigos de longa data, nas pessoas de Marcela Prisco dos Santos, Karen Ingrid Tasca e Fernando Montanare Barbosa, por aceitarem minha ausência e mesmo assim permanecerem disponíveis e pela inestimável amizade ao longo de graduação e pós-graduação.

Aos amigos que estiveram presentes ao longo do desenvolvimento desta pesquisa e que contribuíram para a manutenção da salubridade mental, Caio Fabrício Cezar Geroto, Mirian Costa Menegazzo, Rodrigo Prudente de Melo e Alessandro Marques de Oliveira (pelo compartilhamento de cafés, angústias e conquistas), Marina Rincon Sartori, Beatriz Marques Vilela Simões e Alexandre Castellar (pelas noites de tranca e de considerações finais, capazes de acabar com o otimismo de qualquer um. Foi excelente!!), Thaís Tinós e Mateus Vidotti (pelas conversas, risadas e alegrias gastronômicas), queridinha Maria Dorta e Douglas Morais (com muito café, um pouco de tranca e um pouco de sujos :P), Simone D’Orazi Porchetti (pelos cafés, bares e macarronadas) e Kelly Brandão (pelo contraponto em assuntos polêmicos que sempre trouxeram uma injeção de ânimo).

Devo perdí-lhes que mantenham em limites seguros as relações com ele. Sua forma é lógica, mas sua natureza é confusão (MANN, 1994, p. 453).

RESUMO

A Bacia do Araripe situa-se no Nordeste brasileiro, e sua área estende-se sobre os estados de Ceará, Pernambuco e Piauí. Esta bacia sedimentar apresenta formações geológicas de idade paleozoica e mesozoica em cujos estratos estão fossilizados diversos tipos de organismos. A Formação Santana, eocretácica, possui destaque em termos de diversidade e qualidade dos organismos fossilizados. O Membro Romualdo é o mais superior desta formação e representa o contexto no qual ocorrem os ictiólitos ou concreções calcárias portadoras de peixes fósseis, sendo fonte de cerca de 30 gêneros formalmente descritos. Destes gêneros, dois foram selecionados para redescrição osteológica, *Notelops* e *Rhacolepis*, mediante preparação mecânica e/ou química para a remoção de sedimento de modo a evidenciar estruturas ósseas. Além da osteologia dos gêneros mencionados, outros organismos associados também foram evidenciados, permitindo a observação de um passado “congelado” nas imediações da gênese dos ictiólitos viabilizando, assim, breves abordagens de aspectos paleoecológicos para os para os peixes fósseis redescritos nesta tese.

Palavras-chave: *Notelops*. *Rhacolepis*. Osteologia. Paleoecologia. Bacia do Araripe.

ABSTRACT

Araripe Basin is located in Brazilian northeast, and its area extends over Ceará, Pernambuco and Piauí states. This watershed presents geologic formations from the Paleozoic and Mesozoic ages in which strata are fossilized several kinds of organisms. The Santana Formation, Early Cretaceous, is highlighted in terms of diversity and quantity of fossilized organisms. Romualdo Member is the most superior of this formation and it is the context in which ichthyoliths or calcareous concretions bearing fossilized fish occurs, being the source of about 30 formally described genres. Of these genres, two have been selected for osteological redescrptions, *Notelops* and *Rhacolepis*, by mechanical and/or chemical preparation for sediment removal to evidence bone structures. Besides the osteology of these mentioned genres, other organisms in association with them were also evidenced, allowing the observation of a “frozen” past near the genesis of ichthyoliths, enabling thus brief observations of the paleoecological aspects for the fish redescrbed in these Ph D Thesis.

Key-words: *Notelops*. *Rhacolepis*. Osteology. Paleoecology. Araripe Basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa com os pontos visitados, nos quais foram coletadas concreções calcárias. (Mapa elaborado por Mateus Vidotti e Thaís Tinós).	32
Figura 2.	Exemplo de concreção calcária, URC P • 330, portando <i>Tharrhias araripis</i> . A. Concreção calcária fechada. B. Concreção calcária aberta, mostrando porções de <i>T. araripis</i> . (Figura elaborada pela autora).	35
Figura 3.	Espécime GP/2E 4496, <i>Brannerion latum</i> , em resina (porção inferior). A linha pontilhada exemplifica o contorno original da concreção, e a linha contínua indica onde foi utilizada a esmerilhadeira, objetivando o nivelamento da superfície. (Figura elaborada pela autora).	36
Figura 4.	Espécime GP/2E 8087a, <i>Brannerion latum</i> . A seta preta indica a radiografia envolvendo o fóssil e a seta vermelha indica a utilização de plastilina para a vedação de espaços. O aspecto brilhante ocorre em função da resina. (Figura elaborada pela autora).	36
Figura 5.	Mapa da região Nordeste do Brasil, e localização das principais bacias mesozoicas interiores do Nordeste, e maiores estruturas bacinais adjacentes. A área preenchida em vermelho representa a Bacia do Araripe. (Figura modificada de ARAI, 2006).	40
Figura 6.	Mapa do Gondwana Ocidental, durante Cretáceo Inferior / médio. 1: Brasil, Bacia do Araripe; 2: Brasil, Bacia Sergipe-Alagoas; 3: Venezuela, Formação Apon; 4: Colômbia, Formação Paja; 5: México, Formação Tlayúa; 6: Marrocos. (Figura modificada de MAISEY, 2000).	41
Figura 7.	Mapa geológico da Bacia do Araripe. (Figura modificada de ASSINE, 2007).	43
Figura 8.	Seção geológica da Bacia do Araripe, conforme traçado da Figura 6. (Figura modificada de ASSINE, 2007).	44
Figura 9.	Carta estratigráfica da Bacia do Araripe. (Figura retirada de ASSINE, 2007).	45
Figura 10.	Formação Cariri: arenitos com estratificações cruzadas. (Imagem obtida pela autora).	46
Figura 11.	Formação Brejo Santo: argilitos vermelhos com camadas delgadas de siltitos arenosos esbranquiçados. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).	47
Figura 12.	Formação Missão Velha: detalhe das estratificações cruzadas acanaladas. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).	48
Figura 13.	Formação Abaiara. Camadas delgadas de argilitos (vermelhos), intercalados com arenitos siltosos. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).	49
Figura 14.	Formação Barbalha. Camadas Batateira. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).....	51
Figura 15.	Membro Crato. Imagem obtida no Geossítio 5, Pedra Cariri, área do Geoparque Araripe. (Imagem obtida pela autora).	53
Figura 16.	Membro Romualdo, com concreções calcárias <i>in loco</i> . (Imagem obtida pela autora).	54
Figura 17.	Formação Araripina: ritmitos argilo-siltosos. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).	55

Figura 18.	Formação Exu. (Imagem cedida por Alexandre M. Feitosa Sales).	56
Figura 19.	Espécime URC P • 279, <i>Brannerion latum</i> . A: espécime completo, o quadrado em preto indica o local no qual foi retirado o tecido não resistente; B: material não resistente identificado como fibras musculares; C: a seta indica o orifício que poderia ter abrigado uma organela (mitocôndria?). (Figura elaborada pela autora).	60
Figura 20.	Espécime GP/2E 8096, <i>Rhacolepis buccalis</i> . A: espécime em base de resina, o retângulo indica o local de origem da ampliação. B: A seta vermelha indica o tecido não resistente, a seta preta indica uma das muitas linhas de tecido não resistente entre as escamas, e a seta amarela indica uma estrutura tridimensional de tecido não resistente, sua cor mais castanha em função da utilização de consolidante sobre a mesma. C: Esquema da maior estrutura de tecido não resistente, esta estrutura originalmente era contínua, e após imersões em solução ácida uma parte do tecido não resistente se perdeu. (Figura elaborada pela autora).	61
Figura 21.	Espécime GP/2E 2167, <i>Rhacolepis buccalis</i> . As estruturas representadas são escamas, eventualmente uma sobreposta à outra. A linha tracejada indica que o tecido não resistente encontra-se sob a escama e a linha contínua preenchida em cinza indica que o tecido não resistente está sobre a escama. (Figura elaborada pela autora).	62
Figura 22.	Pequeno peixe retirado de uma concreção (GP/2E 2973) que porta um peixe maior (<i>Notelops brama</i>). Frequentemente pequenos ossos de outros vertebrados estão associados ao maior fóssil da concreção. Quando há diversos ossos, geralmente estão imersos em tecido não resistente. O contorno vermelho representa o tecido não resistente e o contorno preto representa as estruturas ósseas. O que não apresenta contorno seria o sedimento; notar a coloração distinta. (Figura elaborada pela autora).	63
Figura 23.	Espécime URC P • 317, <i>Rhacolepis buccalis</i> . As setas situam-se sobre o maxilar esquerdo do exemplar. A seta laranja representa a estrutura óssea e a seta amarela aponta a camada de “descamação” da qual foi retirada um fragmento para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). (Figura elaborada pela autora).	64
Figura 24.	Fragmento resultante da “descamação” do maxilar do espécime URC P • 317, <i>Rhacolepis buccalis</i> . A concavidade presente na região inferior esquerda é resultante da ação da extremidade do estilete histológico. (Figura elaborada pela autora).	65
Figura 25.	Mapa de distribuição de elementos. A: amostra inicial que foi encaminhada à microscopia eletrônica de varredura, a seta indica sedimento e existem mais pontos de sedimento na amostra; B: distribuição de cálcio na amostra; C: distribuição de oxigênio na amostra; D: distribuição de carbono na amostra; E: distribuição de ferro na amostra; F: distribuição de fósforo na amostra. (Figura elaborada pela autora).	65
Figura 26.	Espécime GP/2E 1642. Teto craniano. Fr: frontal; Pa: parietal. (Figura elaborada pela autora).	70
Figura 27.	Espécime GP/2E 8098a. A: vista lateral parcial do frontal do espécime. B:	

	esquema da vista lateral do frontal do espécime, a seta aponta para a projeção na altura do orbitosfenoide. (Figura elaborada pela autora).	71
Figura 28.	Espécime GP/2E 8098a. Elementos cranianos. Asp : autesenótico; Boc : basioccipital; Exo : exoccipital; Fr : frontal; Ic : intercalar; Orbs : orbitoesfenoide; Pro : pró-ótico; Pte : pteroesfenoide; Pto : pterótico. Preenchimento em cinza indica aberturas. (Figura elaborada pela autora).	72
Figura 29.	Espécime GP/2E 8098a. Boc : basioccipital; Epi : epiótico; Exo : exoccipital; Ic : intercalar; Soc : supraoccipital (fragmentado). Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).	73
Figura 30.	Espécime GP/2E 8098a. Boc : basioccipital; Exo : exoccipital. Preenchimento em cinza indica abertura. (Figura elaborada pela autora).	73
Figura 31.	Espécime GP/2E 8098a. Boc : basioccipital; Ic : intercalar; Exo : exoccipital; Pro : pró-ótico; Pto : pterótico. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).	74
Figura 32.	Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada é o basioccipital. As linhas tracejadas representam a continuidade da estrutura, desfocada na imagem. A área hachurada representa a porção interna dorsal da estrutura. (Figura elaborada pela autora).	74
Figura 33.	Espécime GP/2E 8098a. As estruturas esquematizadas são os pró-óticos. As linhas tracejadas representam o contato, desfocado na imagem, com o paresfenoide. A área hachurada representa a porção interna dorsal da estrutura. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).	75
Figura 34.	Espécime GP/2E 8098a. Asp : autesenótico; Boc : basioccipital; Exo : exoccipital; Fr : frontal; Ic : intercalar; Pro : pró-ótico; Pte : pteroesfenoide; Pto : pterótico. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).	75
Figura 35.	Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada é o autesenótico. (Figura elaborada pela autora).	76
Figura 36.	Espécime GP/2E 8098a. Orbs : orbitoesfenoide; Pte : pteroesfenoide. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).	77
Figura 37.	Espécime GP/2E 2993. De : dermoetmoide; Io₁ : infraorbital 1; Mx : maxilar; Pmx : pré-maxilar; Psp : paresfenoide; Vo : vômer. As estruturas preenchidas em preto são dentes. Estruturas tracejadas representam incertezas quanto às suturas. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).	77
Figura 38.	Espécime GP/2E 8098a. Observar a sutura do vômer com o paresfenoide. Psp : paresfenoide; Vo : vômer. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos ou incertezas quanto às suturas. (Figura elaborada pela autora). .	78
Figura 39.	Espécime GP/2E 8098a. Observar as duas abas do vômer, que se tornam mais estreitas proximalmente, cuja área ventral está representada pelas hachuras. Psp : paresfenoide; Vo : vômer. (Figura elaborada pela autora).	78
Figura 40.	Espécime GP/2E 8098a. Observar a extremidade anterior do vômer,	

	bastante expandido em relação ao restante da estrutura em contato com o paresfenoide. Psp : paresfenoide; Vo : vômer. Preenchimento em cinza indica abertura. (Figura elaborada pela autora).	79
Figura 41.	Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada é a visão geral do paresfenoide. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às suturas. (Figura elaborada pela autora).	79
Figura 42.	Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada mostra a região posterior do paresfenoide, exibindo seu formato em V. (Figura elaborada pela autora).	80
Figura 43.	Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada mostra a região mediana do paresfenoide, onde é possível observar o forâmen (preenchido em cinza) e a borda externa para a artéria carótida interna. (Figura elaborada pela autora).	80
Figura 44.	Espécime GP/2E 8098a. A : porção deslocada do paresfenoide. B : dentes presentes na porção deslocada do paresfenoide. Sob A e B encontram-se os respectivos esquemas. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos ou incertezas quanto às suturas. (Figura elaborada pela autora). .	81
Figura 45.	Espécime GP/2E 2990. Hm : hiomandibular; Q : quadrado. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).	82
Figura 46.	Espécime GP/2E 2993. Den : dentário; Ectp : 13ermesfenótico; Endp : 13ermesfenótico; Hh : hipoial; Pal : palatino. As estruturas preenchidas em preto são dentes. A área hachurada representa a placa com pequenos orifícios. (Figura elaborada pela autora).	83
Figura 47.	Espécime GP/2E 4389. Den : dentário; Endp : 13ermesfenótico; Mx : maxilar; Pal : palatino. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. Notar na imagem o aspecto rugoso do 13ermesfenótico e os dentes do palatino. (Figura elaborada pela autora).	84
Figura 48.	Espécime GP/2E 1642. A : 13ermesfenótico preservado, dissociado dos demais elementos hiopalatinos; B : detalhe da placa com pequenos orifícios; C : dente <i>in loco</i> . As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	84
Figura 49.	Espécime GP/2E 1642. A : imagens e esquemas de fragmento do 13ermesfenótico e do palatino preservados. Os retângulos são placas (semelhantes àquelas exibidas na Figura 46, Endp) com pequenos orifícios, que portariam dentes. B : ampliação e esquemas das placas e seus orifícios. Ectp : 13ermesfenótico; Pal : palatino. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).	85
Figura 50.	Espécime GP/2E 2993. Mx (E) : maxilar esquerdo; Pmx (D) : pré-maxilar direito; Pmx (E) : pré-maxilar esquerdo. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).	87
Figura 51.	Espécime GP/2E 4389. Den : dentário; Mx : maxilar. As estruturas	

- preenchidas em preto são dentes. A linha tracejada representa sedimento sobreposto à estrutura. Notar a inclinação da extremidade distal do maxilar. (Figura elaborada pela autora). 88
- Figura 52.** Espécime GP/2E 2993. **Mx**: maxilar; **Pmx**: pré-maxilar. A seta indica um prolongamento dorsal do maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fragmento sobreposto. (Figura elaborada pela autora). 88
- Figura 53.** Espécime GP/2E 1642. **Ang**: angular; **Den**: dentário; **Mx**: maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora). 89
- Figura 54.** Espécime GP/2E 2993. A estrutura representada é o maxilar esquerdo. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora). 89
- Figura 55.** Espécime GP/2E 1642. **Den**: dentário. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora). 90
- Figura 56.** Espécime GP/2E 1642. **Den**: dentário. As estruturas preenchidas em preto são dentes, estruturas com preenchimento em preto e amarelo representam dentes fragmentados transversalmente e preenchimentos em cinza representam aberturas. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora). 91
- Figura 57.** Espécime GP/2E 2990. A estrutura representada é a região anterior do dentário. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fraturas. A seta indica a sutura entre o dentário e a plataforma, portando dentes. (Figura elaborada pela autora). 92
- Figura 58.** Espécime GP/2E 2990. **?Cb**: ceratobranquial (?); **Cea (D)**: ceratoial anterior direito; **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora). 93
- Figura 59.** Espécime GP/2E 1642. **Cb**: ceratobranquial; **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo. As áreas hachuradas representam possíveis placas dentárias basibranquiais. Preenchimentos em cinza indicam sedimentos. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora). 94
- Figura 60.** Espécime GP/2E 1642. **A**: ceratoial anterior; notar sua maior largura na região distal. **B**: extremidade distal do ceratoial anterior; a seta no esquema aponta para as possíveis placas dentárias basibranquiais, cujos orifícios em vermelho representam os locais de inserção dentária. **?Cb**: ceratobranquial (?); **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo. Preenchimento em cinza no ceratoial indica fratura e no ceratobranquial (?) indica sedimento. As linhas

	tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	95
Figura 61.	Espécime GP/2E 2993. Cea (D) : ceratoial anterior direito; Cea (E) : ceratoial anterior esquerdo; Hh : hipoial ventral. Preenchimento em cinza indica abertura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	96
Figura 62.	Espécime GP/2E 4389. A estrutura preenchida em preto é um anel esclerótico. Cl : cleitro; Den : dentário; Dsp : 15ermesfenótico; Fr : frontal; ?Fr : fragmento do frontal (?); Io₁ : infraorbital 1; Io₂₊₃ : infraorbital 2+3; Io₄₊₅ : infraorbital 4+5; Mx : maxilar; Op : opérculo; Pop : pré-opérculo; Pto : pterótico; Sop : subopérculo. (Figura elaborada pela autora).	98
Figura 63.	Espécime GP/2E 2993. A estrutura representada é a extremidade anterior do infraorbital 1. A seta aponta para o canal sensorial. (Figura elaborada pela autora).	99
Figura 64.	Espécime GP/2E 4389. A : Estruturas da série opercular preservadas. B : Detalhe para a ornamentação do tipo estriada, com poucos fragmentos preservados da camada óssea. Cl : cleitro; Op : opérculo; Pop : pré-opérculo; Scl : supracleitro; Sop : subopérculo. (Figura elaborada pela autora).	100
Figura 65.	Espécime GP/2E 1642. A estrutura representada é a porção ventral do pré-opérculo. As setas apontam para os ramos do canal sensorial pré-opercular. (Figura elaborada pela autora).	101
Figura 66.	Espécime GP/2E 8098a. Pop : pré-opérculo. A estrutura representada é a extremidade dorsal do ramo ascendente do pré-opérculo. Notar os sulcos na estrutura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	101
Figura 67.	Espécime GP/2E 4389. A estrutura representada é o supratemporal. As setas apontam para porções fragmentárias da comissura supratemporal. Notar os sulcos nesta estrutura. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	102
Figura 68.	Espécime GP/2E 8098a. A : vista geral da nadadeira peitoral. B : raios externos, articulando com a escápula. C : detalhes da ramificação presente em alguns raios. Cor : coracoide; Sca : escápula. Preenchimentos em cinza representam espaços entre estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	103
Figura 69.	Espécime GP/2E 8098b. Maior sequência de vértebras obtida mediante preparação. São as vértebras posteriores e o complexo caudal. Preenchimentos em cinza representam espaços entre estruturas ou orifícios nas estruturas. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	105
Figura 70.	Espécime GP/2E 8098b. Ha : arco hemal. As vértebras representadas são as mais anteriores mostradas na Figura 69. Preenchimentos em cinza representam espaços ou orifícios nas estruturas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	106
Figura 71.	Espécime GP/2E 8098a. C : centro vertebral; ha : arco hemal; na : arco	

	neural. A mesma vértebra representada em diferentes vistas. Preenchimentos em cinza representam orifícios nas estruturas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	106
Figura 72.	Espécime GP/2E 8098b. À esquerda estão os dois primeiros centros vertebrais do espécime. À direita um centro vertebral deslocado. Preenchimento em cinza representa orifício na estrutura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	107
Figura 73.	Espécime GP/2E 1642. Vértebras abdominais anteriores preservadas. Notar morfologia do centro vertebral, mais alto que largo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	107
Figura 74.	Espécime GP/2E 1642. Na : arcos neurais de vértebras anteriores, autógenos (<i>sensu</i> FOREY, 1977). Vértebras abdominais anteriores preservadas. Notar morfologia do centro vertebral, tão alto quanto largo. Preenchimento em cinza representa orifício na estrutura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	108
Figura 75.	Espécime GP/2E 4389. R : costela. Vértebras abdominais anteriores preservadas, assim como costelas desarticuladas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	108
Figura 76.	Espécime GP/2E 8098 ^a . As estruturas representadas são porções proximais de raios da nadadeira dorsal. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	109
Figura 77.	Espécime GP/2E 8098b. Esqueleto caudal. ?NaPu₁ + U₁ : arco do pré-ural 1 fusionado com o arco neural ural (elemento arcual) ?; Ph : paripurais; Pu₂ : centro pré-ural 2; U₁ + H₁ + H₂ : primeiro centro ural mais hipurais 1 e 2; Un_{1,2} : base dos uroneurais 1 e 2. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	111
Figura 78.	. Espécime GP/2E 8098b. Raios do lobo inferior da nadadeira caudal. Mr : raio; pro.r 1 : raio pró-corrente 1; pro.r 5 : raio pró-corrente 5; ?scu : escudo ventral ? A linha tracejada representa incerteza quanto à inserção das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	112
Figura 79.	Espécime GP/2E 8098b. Raios do lobo superior da nadadeira caudal. Pro.r 4 : raio pró-corrente 4; ra.r : ramificações de raio pró-corrente; scu : escudo dorsal (ampliado na Figura 80). Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam incertezas quanto à inserção das estruturas e fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).	112
Figura 80.	Espécime GP/2E 8098b. A estrutura representada é o escudo dorsal da nadadeira caudal. (Figura elaborada pela autora).	113
Figura 81.	Espécime URC P • 322. Asp : autesfenótico; Fr : frontal. Notar o padrão complexo de sutura entre os frontais, em sua região mais posterior. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse.	

	As linhas pontilhadas indicam as cristas longitudinais dos frontais. (Figura elaborada pela autora).	116
Figura 82.	Espécime URC P • 279. Fr: frontal. Notar o padrão complexo de sutura entre os frontais em sua região mais posterior. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto as continuidade das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	116
Figura 83.	Espécime GP/2E 4305. Fr: frontal. As linhas pontilhadas indicam as cristas longitudinais dos frontais, também indicadas por setas. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	117
Figura 84.	Espécime GP/2E 2989. A: Concreção calcária portando três espécimes de <i>Rhacolepis buccalis</i> . B: detalhe do teto craniano de um dos espécimes desta concreção. Fr: frontal; Pa: parietal; Pto: pterótico; Soc: supraoccipital; Stt: supratemporal. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora).	118
Figura 85.	Espécime GP/2E 5514. Asp: autesfenótico; Fr: frontal; Hm: hiomandibular; Orbs: orbitoesfenoide; oss.scl: ossículos escleróticos; Psp: paresfenoide; Pte: pteroesfenoide; Pto: pterótico. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	120
Figura 86.	Espécime GP/2E 8087a. Asp: autesfenótico; Fr: frontal; Orbs: orbitoesfenoide; Pte: pteroesfenoide; Pto: pterótico. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas e estrutura sobreposta. (Figura elaborada pela autora).	121
Figura 87.	Espécime GP/2E 8096. Soc: supraoccipital. A seta aponta para a crista do supraoccipital. Preenchimento em preto indica abertura natural. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	121
Figura 88.	Espécime GP/2E 2167. De: dermoetmoide; Mx: maxilar; Pmx: pré-maxilar. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. Preenchimento em cinza indica abertura. (Figura elaborada pela autora).	122
Figura 89.	Espécime GP/2E 4305. De: dermoetmoide; Pmx (D): pré-maxilar direito; Pmx (E): pré-maxilar esquerdo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Preenchimento em cinza indica espaço entre as estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora).	123
Figura 90.	Espécime GP/2E 5514. Psp: paresfenoide. Linha tracejada representa estrutura sobreposta. (Figura elaborada pela autora).	124
Figura 91.	Espécime GP/2E 2989. A: Concreção calcária portando três espécimes de <i>Rhacolepis buccalis</i> . B: detalhe de um dos espécimes da concreção. Q: quadrado. (Figura elaborada pela autora).	125
Figura 92.	Espécime GP/2E 4305. Ectp: 17ectopterigoide. As estruturas preenchidas	

	em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	126
Figura 93.	Espécime GP/2E 4305. Ectp : 18ectoperigoide. Este ectopterigoide é o mesmo representado na Figura 92, ampliado e exibindo a face oral. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Notar alguns dentes que ocorrem dispostos lateralmente. (Figura elaborada pela autora).	126
Figura 94.	Espécime GP/2E 2167. A : pré-maxilar esquerdo em vista labial; B : pré-maxilar esquerdo em vista labial oblíqua, evidenciando maior dimensão do dente interno; C : pré-maxilar esquerdo em vista oral oblíqua. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	127
Figura 95.	Espécime GP/2E 4305. Den : dentário; Mx : maxilar; Pmx : pré-maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades de estruturas e estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	128
Figura 96.	Espécime GP/2E 2989. A : Concreção calcária portando três espécimes de <i>Rhacolepis buccalis</i> . B : detalhe de um dos espécimes da concreção. Mx : maxilar; Smx : supramaxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. (Figura elaborada pela autora).	129
Figura 97.	. Espécime GP/2E 3423. Den : dentário; Mx : maxilar. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As estruturas preenchidas em preto são dentes. Preenchimento em cinza indica resina. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	130
Figura 98.	Espécime GP/2E 5514. Den : dentário. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As estruturas preenchidas em preto são dentes. Preenchimento em cinza indica espaço entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades de estruturas e estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	131
Figura 99.	Espécime GP/2E 2989. A : Concreção calcária portando três espécimes de <i>Rhacolepis buccalis</i> . B : detalhe de um dos espécimes da concreção. Ang-art : ângulo-articular. Preenchimentos em cinza indicam sedimentos. (Figura elaborada pela autora).	132
Figura 100.	Espécime GP/2E 5514. Cea (D) : ceratoial anterior direito; Cea (E) : ceratoial anterior esquerdo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Preenchimento em cinza indica espaço na estrutura de interesse, possivelmente originado mediante ação da preparação química. (Figura elaborada pela autora).	133
Figura 101.	Espécime GP/2E 5514. Cea (D) : ceratoial anterior direito; Cea (E) : ceratoial anterior esquerdo. Notar os profundos sulcos ventrais nas estruturas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	134
Figura 102.	Espécime URC P • 317. Iop : interopérculo. As estruturas preenchidas em preto são os raios branquiostégios. (Figura elaborada pela autora).	134
Figura 103.	Espécime GP/2E 3423. A : visão geral dos ceratobranquiais. B : ampliação de uma placa dentária consolidada no quarto ceratobranquial. Cb3 : terceiro ceratobranquial; Cb4 : quarto ceratobranquial. As áreas hachuradas	

- representam placas dentárias consolidadas. A estrutura preenchida em preto representa um dente. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora). 135
- Figura 104.** Espécime GP/2E 3423. Direção anterior-posterior e vista lateral referem-se ao espécime todo, não às estruturas de interesse nesta figura. **A:** visão geral de como os rastros branquiais, representados por cada estrutura contornada em preto, foram encontrados após preparação química. **B, C e D:** ampliação dos rastros branquiais exibindo suas diversas morfologias. As estruturas preenchidas em preto representam dentes. As linhas contornadas em vermelho representam cavidades que portariam dentes. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora). 136
- Figura 105.** Espécime URC P • 322. **Dsp:** 19ermesfenótico; **Io₁:** infraorbital 1; **Io₂₊₃:** infraorbital 2 + 3; **Io₄:** infraorbital 4; **Io₅:** infraorbital 5; **Iop:** interopérculo; **Op:** opérculo; **Pop:** pré-opérculo; **So:** supraorbital; **Sop:** subopérculo. As linhas pontilhadas no infraorbital 5 representam ornamentações. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora). 137
- Figura 106.** Espécime GP/2E 2989. **A:** Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção, a estrutura representada é o supraorbital. As linhas pontilhadas representam canais sensoriais. (Figura elaborada pela autora). 138
- Figura 107.** Espécime URC P • 279. **Io₂₊₃:** infraorbital 2+3; **Io₄:** infraorbital 4; **Io₅:** infraorbital 5; **Op:** opérculo; **Pop:** pré-opérculo; **Sop:** subopérculo. As linhas pontilhadas nos infraorbitais 4 e 5 representam ornamentações. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora). 139
- Figura 108.** Espécime GP/2E 2989. **A:** concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção, as estruturas representadas são infraorbitais desarticulados. As linhas pontilhadas representam canais sensoriais. Áreas em cinza representam sedimentos. (Figura elaborada pela autora). 140
- Figura 109.** Espécime GP/2E 8096. **A:** disposição de alguns elementos da cintura peitoral em relação à margem opercular posterior. **B:** ampliação de estruturas delgadas e esbranquiçadas sobre a resina. **Cl:** cleitro; **Op:** opérculo; **Ptt:** pós-temporal; **Scl:** supracleitro; **Sop:** subopérculo. As estruturas em preto representam a sugestão de filamentos branquiais. (Figura elaborada pela autora). 142
- Figura 110.** Espécime URC P • 322. As estruturas representadas são supratemporais. As linhas pontilhadas representam ramos da comissura do canal supratemporal. (Figura elaborada pela autora). 143
- Figura 111.** Espécime GP/2E 2167. **Cl:** cleitro; **Cor:** coracoide; **Mcor:** mesocoracoide; **Sca:** escápula. Preenchimento em preto indica abertura. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora). 145
- Figura 112.** Espécime GP/2E 2167. As estruturas representadas são lepidotríquias e hemitríquias. Preenchimento em amarelo indica estrutura e sedimentos sobrepostos. Preenchimento em cinza indica espaço entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades

	das estruturas. (Figura elaborada pela autora).	146
Figura 113.	Espécime GP/2E 3423. Maior sequência de vértebras obtida mediante preparações. Preenchimento em cinza representa espaço entre estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	147
Figura 114.	Espécime GP/2E 8096. Vértebras portando arcos neurais. Na : arco neural. A seta aponta um dos quatro arcos neurais representados. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	148
Figura 115.	Espécime GP/2E 3423. Vértebras portando arcos hemais. Ha : arco hemal. (Figura elaborada pela autora).	148
Figura 116.	Espécime GP/2E 2989. A : Concreção calcária portando três espécimes de <i>Rhacolepis buccalis</i> . B : detalhe de um dos espécimes da concreção; a estrutura representada é um centro vertebral com o processo transversal posteriormente direcionado. As linhas pontilhadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).	149
Figura 117.	Espécime GP/2E 2167. A estrutura representada é um centro vertebral. Os contornos em verde representam as ornamentações predominantes nos centros vertebrais. (Figura elaborada pela autora).	150
Figura 118.	Espécime URC P • 322. Escamas dorsais; notar o aspecto crenulado. (Figura elaborada pela autora).	151
Figura 119.	Espécime GP/2E 8096. Escamas laterais; notar as cristas radiais. (Figura elaborada pela autora).	151
Figura 120.	Espécime GP/2E 8096. Escamas anteriores, próximas à cintura escapular. A disposição destas escamas em relação à cintura pode ser vista na Figura 109. As linhas pontilhadas representam incertezas quanto aos limites de cada escama. Posteriores às escamas de interesse nesta figura estão outras escamas laterais, como observado na imagem; notar as distintas dimensões entre elas. (Figura elaborada pela autora).	152
Figura 121.	Moluscos associados a espécimes diversos. A : dois bivalves associados ao espécime URC P • 323, <i>Rhacolepis buccalis</i> ; B : dois bivalves associados ao espécime URC P • 324, <i>R. buccalis</i> ; C : dois bivalves associados ao espécime URC P • 325, <i>R. buccalis</i> ; D : 15 bivalves associados ao espécime URC P • 326, peixe fóssil indeterminado; E : um gastrópode associado ao espécime URC P • 326, peixe fóssil indeterminado. (Figura elaborada pela autora).	158
Figura 122.	Espécime GP/2E 2249, <i>Notelops brama</i> . C : centro vertebral; ?Op : opérculo?. Preenchimentos em cinza representam orifícios nas estruturas. (Figura elaborada pela autora).	159
Figura 123.	Espécime GP/2E 8098 ^a . <i>Notelops brama</i> . A estrutura representada é uma vértebra. (Figura elaborada pela autora).	160
Figura 124.	Espécime GP/2E 8098 ^b , <i>Notelops brama</i> . C : centro vertebral; Den : dentário. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas de interesse em função da sobreposição de outras estruturas. (Figura elaborada pela autora).	160
Figura 125.	Espécime GP/2E 3423, <i>Rhacolepis buccalis</i> . A : material preparado para redescrição osteológica; B : ampliação da região ventral do espécime GP/2E 3423, exibindo conjuntos de pequenas vértebras; C e D : centros vertebrais.	

- c: centro vertebral. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas de interesse em função da sobreposição de outros elementos. (Figura elaborada pela autora). 161
- Figura 126.** Espécime GP/2E 4305, *Rhacolepis buccalis*. Esquema de centros vertebrais. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas de interesse em função da sobreposição de outros elementos. Preenchimentos em cinza representam orifícios nas estruturas. (Figura elaborada pela autora). 162
- Figura 127.** Espécime URC P • 317, *Rhacolepis buccalis*. **A:** teto craniano de *Rhacolepis* portando um ramo vegetal. **B:** ampliação de três entrenós do vegetal. (Figura elaborada pela autora). 162
- Figura 128.** Espécime URC P • 307, *Vinctifer comptoni*. **A:** concreção calcária portando um *V. comptoni* completo e outro pequeno peixe; **B:** ampliação de um pequeno peixe associado à *V. comptoni*. O peixe associado apresenta a região ventral voltada superiormente. **Den:** dentário; **Io:** infraorbital; **mr:** raio de nadadeira caudal; **Op:** opérculo; **Pop:** pré-opérculo. A área hachurada representa a coluna vertebral, presente e articulada. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora). 164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Tipo de preparação do material fóssil.	37
Quadro 2	– Evolução das propostas litoestratigráficas da Bacia do Araripe.	42
Quadro 3	– <i>Notelops brama</i> : quadro comparativo entre descrições anteriores e resultados obtidos.	154
Quadro 4	– <i>Rhacolepis buccalis</i> : quadro comparativo entre descrições anteriores e resultados obtidos.	154
Quadro 5	– Organismos associados – material coletado.	156
Quadro 6	– Organismos associados – material emprestado.	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	– Medidas de cada espécime de <i>Notelops</i> analisado e preparado química e/ou mecanicamente para esta Tese de Doutorado.	33
Tabela 4.2	– Medidas de cada espécime de <i>Rhacolepis</i> analisado e preparado química e/ou mecanicamente para esta Tese de Doutorado.	33
Tabela 4.3	– Medidas de cada Pachyrhizodontoidei indeterminado analisado e preparado química e/ou mecanicamente para esta Tese de Doutorado.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	28
2	OBJETIVOS	29
3	ABREVIATURAS	30
3.1	Abreviaturas das instituições	30
3.2	Abreviaturas anatômicas	30
4	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1	Materiais coletados e emprestados	31
5	GEOLOGIA REGIONAL: BACIA DO ARARIPE	40
5.1	Localização geográfica e contexto geológico	40
5.2	A sucessão litoestratigráfica da Bacia do Araripe	46
5.2.1	Sequência Paleozoica	46
5.2.1.1	<u>Formação Cariri</u>	46
5.2.2	Supersequência Pré-Rifte	47
5.2.2.1	<u>Formação Brejo Santo</u>	47
5.2.2.2	<u>Formação Missão Velha</u>	48
5.2.2.3	<u>Formação Abaiara</u>	49
5.2.3	Supersequência Pós-Rifte I	50
5.2.3.1	<u>Formação Barbalha</u>	50
5.2.3.2	<u>Formação Santana</u>	52
5.2.3.2.1	<u>Membro Crato</u>	52
5.2.3.2.2	<u>Membro Romualdo</u>	53
5.2.4	Supersequência Pós-Rifte II	54
5.2.4.1	<u>Formação Araripina</u>	54
5.2.4.2	<u>Formação Exu</u>	55
6	CONCREÇÕES DA FORMAÇÃO SANTANA	57
7	SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA, DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DO MATERIAL ESTUDADO	66
7.1	Sistemática Paleontológica: <i>Notelops brama</i>	66
7.1.1	Diagnose da Subordem	66
7.1.2	Diagnose da Família	67
7.1.3	Diagnose do Gênero (emendada; FOREY, 1977)	67

7.1.4	Diagnose da Espécie (emendada; FOREY, 1977)	68
7.2	Espécie-tipo	68
7.3	Holótipo	68
7.4	Localidade-tipo	68
7.5	Descrição e comparação do material estudado	68
7.5.1	Caixa craniana	68
<u>7.5.1.1</u>	<u>Frontal</u> (figuras 26, 27, 28 e 34)	69
<u>7.5.1.2</u>	<u>Parietal</u> (Figura 26)	69
<u>7.5.1.3</u>	<u>Pterótico</u> (figuras 28, 31, 34 e 62)	69
<u>7.5.1.4</u>	<u>Epiótico</u> (Figura 29)	70
<u>7.5.1.5</u>	<u>Supraoccipital</u> (Figura 29)	71
<u>7.5.1.6</u>	<u>Exoccipital</u> (figuras 28, 29, 30, 31 e 34)	71
<u>7.5.1.7</u>	<u>Intercalar</u> (figuras 28, 29, 31 e 34)	72
<u>7.5.1.8</u>	<u>Basioccipital</u> (figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 34)	73
<u>7.5.1.9</u>	<u>Pró-ótico</u> (figuras 28, 31, 33 e 34)	74
<u>7.5.1.10</u>	<u>Autesfenótico</u> (figuras 28, 34 e 35)	76
<u>7.5.1.11</u>	<u>Pteroesfenoide</u> (figuras 28, 34 e 36)	76
<u>7.5.1.12</u>	<u>Orbitoesfenoide</u> (figuras 28 e 36)	76
<u>7.5.1.13</u>	<u>Dermoetmoide</u> (Figura 37)	77
<u>7.5.1.14</u>	<u>Vômer</u> (figuras 37, 38, 39 e 40)	78
<u>7.5.1.15</u>	<u>Paresfenoide</u> (figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 e 44)	79
7.5.2	Série hiopalatina	81
<u>7.5.2.1</u>	<u>Hiomandibular</u> (Figura 45)	81
<u>7.5.2.2</u>	<u>Quadrado</u> (Figura 45)	82
<u>7.5.2.3</u>	<u>Endopterigoide</u> (figuras 46, 47 e 48)	82
<u>7.5.2.4</u>	<u>Ectopterigoide</u> (figuras 46 e 49 A e B)	85
<u>7.5.2.5</u>	<u>Palatino</u> (figuras 46, 47 e 49)	86
7.5.3	Ossos dérmicos maxilares	86
<u>7.5.3.1</u>	<u>Pré-maxilar</u> (figuras 37, 50 e 52)	86
<u>7.5.3.2</u>	<u>Maxilar</u> (figuras 37, 47, 50, 51, 52, 53, 54 e 62)	86
7.5.4	Mandíbula	90
<u>7.5.4.1</u>	<u>Dentário</u> (figuras 46, 47, 51, 53, 55, 56, 57 e 62)	90
<u>7.5.4.2</u>	<u>Angular</u> (Figura 53)	91
<u>7.5.4.3</u>	<u>Dentição</u> (figuras 37, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57). ...	92

7.5.5	Arco hioideo	93
<u>7.5.5.1</u>	<u>Ceratoiais anteriores</u> (figuras 58, 59, 60 e 61)	93
<u>7.5.5.2</u>	<u>Hipoial</u> (figuras 46 e 61)	94
<u>7.5.5.3</u>	<u>Ceratobranquiais</u> (figuras 59 e 60 B)	95
7.5.6	Série circum-orbital	96
<u>7.5.6.1</u>	<u>Dermesfenótico</u> (Figura 62)	96
<u>7.5.6.2</u>	<u>Série infraorbital</u> (figuras 37, 62 e 63)	97
<u>7.5.6.3</u>	<u>Anel esclerótico</u> (Figura 62)	97
7.5.7	Série opercular	99
<u>7.5.7.1</u>	<u>Opérculo</u> (figuras 62 e 64 A)	99
<u>7.5.7.2</u>	<u>Subopérculo</u> (figuras 62 e 64 A)	99
<u>7.5.7.3</u>	<u>Pré-opérculo</u> (figuras 62, 64 A, 65 e 66)	100
7.5.8	Cintura peitoral e nadadeiras	102
<u>7.5.8.1</u>	<u>Supratemporal</u> (Figura 67)	102
<u>7.5.8.2</u>	<u>Supracleitro</u> (Figura 64 A)	102
<u>7.5.8.3</u>	<u>Cleitro</u> (Figura 62 e 64 A)	102
<u>7.5.8.4</u>	<u>Nadadeira peitoral</u> (Figura 68)	103
7.5.9	Coluna vertebral (figuras 69, 70, 71, 72, 73, 74 e 75)	104
7.5.10	Nadadeira dorsal (Figura 76)	109
7.5.11	Esqueleto caudal e nadadeira (figuras 77, 78, 79 e 80)	109
7.5.12	Escamas	113
7.5.13	Comentários	113
7.6	Sistemática Paleontológica: <i>Rhacolepis buccalis</i>	114
7.6.1	Diagnose da Subordem (ver subseção 7.1.1)	114
7.6.2	Diagnose da Família	114
7.6.3	Diagnose do Gênero (emendada; FOREY, 1977)	114
7.6.4	Diagnose da Espécie (emendada; FOREY, 1977)	115
7.7	Espécie-tipo	115
7.8	Holótipo	115
7.9	Localidade-tipo	115
7.10	Descrição e comparação do material estudado	115
7.10.1	Caixa craniana	115
<u>7.10.1.1</u>	<u>Frontal</u> (figuras 81, 82, 83, 84, 85 e 86)	115
<u>7.10.1.2</u>	<u>Parietal</u> (Figura 84 B)	118

7.10.1.3	<u>Pterótico</u> (figuras 84 B, 85 e 86)	118
7.10.1.4	<u>Supraoccipital</u> (figuras 84 B e 87)	119
7.10.1.5	<u>Autesfenótico</u> (figuras 81, 85 e 86)	119
7.10.1.6	<u>Pteroesfenoide</u> (figuras 85 e 86)	119
7.10.1.7	<u>Orbitoesfenoide</u> (figuras 85 e 86)	122
7.10.1.8	<u>Dermoetmoide</u> (figuras 88 e 89)	122
7.10.1.9	<u>Paresfenoide</u> (figuras 85 e 90)	122
7.10.2	Série hiopalatina	124
7.10.2.1	<u>Hiomandibular</u> (Figura 85)	124
7.10.2.2	<u>Quadrado</u> (Figura 91)	124
7.10.2.3	<u>Ectopterigoide</u> (figuras 92 e 93)	124
7.10.3	Ossos dérmicos maxilares	126
7.10.3.1	<u>Pré-maxilar</u> (figuras 88, 89, 94 e 95)	126
7.10.3.2	<u>Supramaxilar</u> (Figura 96)	128
7.10.3.3	<u>Maxilar</u> (figuras 88, 95, 96 e 97)	130
7.10.4	Mandíbula	130
7.10.4.1	<u>Dentário</u> (figuras 95, 97 e 98)	130
7.10.4.2	<u>Ângulo-articular</u> (Figura 99)	131
7.10.4.3	<u>Dentição</u> (figuras 92, 93, 94, 95, 96, 97 e 98)	133
7.10.5	Arco hioideo	133
7.10.5.1	<u>Ceratoiais anteriores</u> (figuras 100 e 101)	133
7.10.5.2	<u>Raios branquiostégios</u> (Figura 102)	134
7.10.5.3	<u>Ceratobranquiai</u> (figuras 103 e 104)	135
7.10.6	Série circum-orbital	137
7.10.6.1	<u>Supraorbital</u> (figuras 105 e 106)	137
7.10.6.2	<u>Dermesfenótico</u> (Figura 105)	138
7.10.6.3	<u>Série infraorbital</u> (figuras 105, 107 e 108)	139
7.10.7	Série opercular	140
7.10.7.1	<u>Opérculo</u> (figuras 105, 107 e 109)	140
7.10.7.2	<u>Subopérculo</u> (figuras 105, 107 e 109)	141
7.10.7.3	<u>Pré-opérculo</u> (figuras 105 e 107)	141
7.10.7.4	<u>Interopérculo</u> (figuras 102 e 105)	141
7.10.8	Cintura peitoral e nadadeiras	142
7.10.8.1	<u>Supratemporal</u> (figuras 84 e 110)	142

7.10.8.2	<u>Pós-temporal</u> (Figura 109 A)	143
7.10.8.3	<u>Supracleitro</u> (Figura 109)	143
7.10.8.4	<u>Cleitro</u> (figuras 109 e 111)	144
7.10.8.5	<u>Escápula</u> (Figura 111)	144
7.10.8.6	<u>Mesocoracoide</u> (Figura 111)	144
7.10.8.7	<u>Coracoide</u> (Figura 111)	144
7.10.8.8	<u>Nadadeira peitoral</u> (Figura 112)	144
7.10.9	Coluna vertebral (figuras 113, 114, 115, 116 e 117)	146
7.10.10	Escamas (figuras 118, 119 e 120)	150
7.10.11	Comentários	152
7.11	Dentição: tipos de fixação	153
7.12	Síntese dos resultados obtidos	153
8	PALEOECOLOGIA	155
8.1	Organismos associados	157
8.1.1	<u>Moluscos</u> (Figura 121)	157
8.1.2	<u>Estruturas ósseas</u> (figuras 22, 122, 123, 124, 125 e 126)	159
8.1.3	<u>Fragmento vegetal</u> (Figura 127)	162
8.2	Associação e predação	163
9	DISCUSSÃO	165
10	CONCLUSÕES	167
11	REFERÊNCIAS	169
12	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	179

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe localiza-se no Nordeste brasileiro, e sua área estende-se sobre os estados de Ceará, Pernambuco e Piauí. Apresenta sedimentos paleozoicos e mesozoicos, tendo sido estudada por diversos autores (BRITO 1989, 1994; ASSINE 1990, 1992, 1994, 2007; PONTE & APPI, 1990; MARTILL 1990, 1993; ARAI et al., 2000). No âmbito das formações geológicas de idade mesozoica destaca-se, em termos fossilíferos, a Formação Santana, em função de grande quantidade e qualidade de organismos fossilizados, o que permite considerá-la como *Lagerstätten* (*sensu* SEILACHER et al., 1985).

A Formação Santana é constituída por dois membros (*sensu* ASSINE, 2007), Crato e Romualdo. O Membro Romualdo representa o contexto em que ocorrem as concreções calcárias, com uma impressionante diversidade de vertebrados fossilizados, incluindo a paleoictiofauna, constituída por 27 gêneros descritos (AGASSIZ, 1841; WOODWARD, 1901; JORDAN & BRANNER, 1908; D'ERASMO, 1938; SILVA SANTOS 1958, 1970, 1971, 1985, 1990; MAISEY 1986, 1993; WENZ & KELLNER, 1986; BRITO & FERREIRA, 1989; WENZ, 1989; FIGUEIREDO & SANTOS, 1990; WENZ & BRITO, 1992; BRITO & SERET, 1996; BRITO, 2000; FIGUEIREDO & GALLO, 2004; GALLO et al., 2009; MAYRINCK et al., 2010; BRITO & GALLO, 2003; GRANDE, 2010; BRITO et al., 2013).

De toda esta fauna dois gêneros foram escolhidos para revisão osteológica em função das seguintes razões: (1) *Notelops* e *Rhacolepis* estão entre os seis gêneros descritos por Agassiz em 1841 e necessitavam de uma descrição formal mais atualizada em alguns detalhes da morfologia dos espécimes, (2) os métodos de preparação mecânica que possibilitaram este estudo tornaram-se mais sofisticados com melhores resultados alcançados em menor tempo, e (3) o material associado aos peixes em concreções calcárias é bastante diverso, sendo neste trabalho utilizado para interpretações de aspectos paleoecológicos do Membro Romualdo.

2 OBJETIVOS

O registro na bibliografia menciona a existência de duas espécies de *Notelops* (MAISEY, 1991c), ainda que apenas uma tenha sido formalmente descrita para o gênero, *Notelops brama* Woodward (Agassiz), 1901. O gênero *Rhacolepis* apresenta duas espécies formalmente descritas: *Rhacolepis buccalis* Agassiz, 1841 e *Rhacolepis defiorei* d’Erasmus, 1938, sendo diferenciadas especialmente por (a) altura do corpo, (b) região pós-cefálica proporcionalmente mais curta, (c) localização mais anterior da nadadeira ventral em relação à dorsal.

Em síntese os objetivos deste trabalho são aqueles que seguem:

1. Redescrever osteologicamente os gêneros *Notelops* e *Rhacolepis*, a partir da preparação química de alguns de seus espécimes;
2. Contribuir com informações anatômicas sobre tais morfótipos, a partir de preparação e redescrição dos gêneros;
3. Realizar inferências paleoecológicas;
4. Propor um método fundamentado em parâmetros morfométricos, dos referidos gêneros, como ferramenta adicional para a identificação de espécies distintas para um mesmo gênero, caso existam;
5. Utilizar caracteres, obtidos apenas de exemplares com informações sobre local de coleta e posicionamento estratigráfico, para desenvolver inferências sobre possíveis endemismos.

3 ABREVIATURAS

3.1 Abreviaturas das instituições

IGc: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Laboratório de Paleontologia Sistemática.

IGCE: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Laboratório de Paleontologia e Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Paulo Milton Barbosa Landim”.

3.2 Abreviaturas anatômicas

Ang: angular; **Ang-art**: ângulo-articular; **Asp**: autesfenótico; **Boc**: basioccipital; **c**: centro vertebral; **Cb**: ceratobranquial (numerados); **Cea**: ceratoial anterior; **Cl**: cleitro; **Cor**: coracoide; **De**: dermoetmoide; **Den**: dentário; **Dsp**: dermesfenótico; **Ectp**: ectopterigoide; **Endp**: endopterigoide; **Epi**: epiótico; **Exo**: exoccipital; **ha**: arco hemal; **Hh**: hipoial; **Hm**: hiomandibular; **Ic**: intercalar; **Io**: infraorbital (numerados); **Iop**: interopérculo; **Mcor**: mesocoracoide; **mr**: raio; **Mx**: maxilar; **na**: arco neural; **NaPu₁+U₁**: arco neural do pré-ural 1 fusionado com o arco neural ural 1; **Orbs**: orbitoesfenoide; **Op**: opérculo; **oss.scl**: ossículos escleróticos; **Pa**: parietal; **Pu₂**: centro pré-ural 2; **Pal**: palatino; **Ph**: paripurial; **Pmx**: pré-maxilar; **Pop**: pré-opérculo; **Pro**: pró-ótico; **pro.r**: raio pró-corrente (numerado); **Psp**: paresfenoide; **Pte**: pteroesfenoide; **Pto**: pterótico; **Ptt**: pós-temporal; **Q**: quadrado; **r**: costela; **ra.r**: ramificações de raio pró-corrente; **Sca**: escápula; **Scl**: supracleitro; **scu**: escudo; **Smx**: supramaxilar; **So**: supraorbital; **Soc**: supraoccipital; **Sop**: subopérculo; **Stt**: supratemporal; **U₁+H₁+H₂**: primeiro centro ural mais hipurais 1 e 2; **U₂**: segundo centro ural; **Un₁₋₂**: base dos uroneurais 1 e 2; **Vo**: vômer.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

No acervo do Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Paulo Milton Barbosa Landim”, DGA, IGCE, UNESP *Campus* Rio Claro, existem cerca de 10 espécimes de *Notelops brama* e 760 de *Rhacolepis* sp., sendo ambos Pachyrhizodontoidei (*sensu* NELSON, 2006), caracterizados como Elopomorpha *incertae sedis*. Deste acervo foram utilizados dois exemplares. Em trabalho de campo foram coletadas 13 concreções, posteriormente incorporadas à coleção da UNESP. Destas, seis foram utilizadas neste trabalho.

Além do material da UNESP também foi disponibilizado o acervo do Laboratório de Paleontologia Sistemática, Instituto de Geociências, USP, *Campus* Capital. Todos os espécimes do IGc foram analisados e identificados. De todos os exemplares, que somam 10.311, esta instituição possui 282 de *Notelops brama* e 2.254 de *Rhacolepis* sp. Deste total de 2.685 materiais, foram selecionados 19 para preparação.

4.1 Materiais coletados e emprestados

Em atividades de campo foram visitadas 13 localidades (Figura 1), nas quais foram coletadas concreções calcárias. Todas provêm do topo do Membro Romualdo. Das concreções coletadas, seis foram selecionadas para a preparação. A seleção do material para preparação buscou a menor quantidade de sedimento ao redor dos fósseis na concreção, assim como elementos associados na concreção, visíveis antes de qualquer espécie de preparação (como a presença de bivalves).

Dos materiais emprestados, foram selecionados espécimes mediante os critérios (a) comprimento total aparentemente presente, (b) poucos cristais visíveis, (c) tipo de concreção, (d) tecido não resistente presente em abundância.

As medidas dos espécimes estão listadas nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3. Materiais precedidos pela sigla “GP/2E” estão depositados no IGc, e os materiais precedidos pela sigla “URC P •” estão depositados no IGCE.

Uma observação deve ser feita em relação ao material GP/2E 2989. Este é uma concreção que porta três exemplares de *Rhacolepis buccalis*. Cada um dos três exemplares apresenta o crânio voltado para o mesmo sentido e, além disto, cada um dos exemplares apresenta uma face distinta exposta. Deste modo, para a Tabela 4.2, o posicionamento de cada exemplar preservado nesta concreção é a região corporal anterior voltada para o lado esquerdo, e conseqüentemente a região corporal posterior voltada para o lado direito. Para a

seção 7 a concreção é figurada, de modo que se torna desnecessário identificar qual é o exemplar disposto centralmente, e dos lados direito e esquerdo.

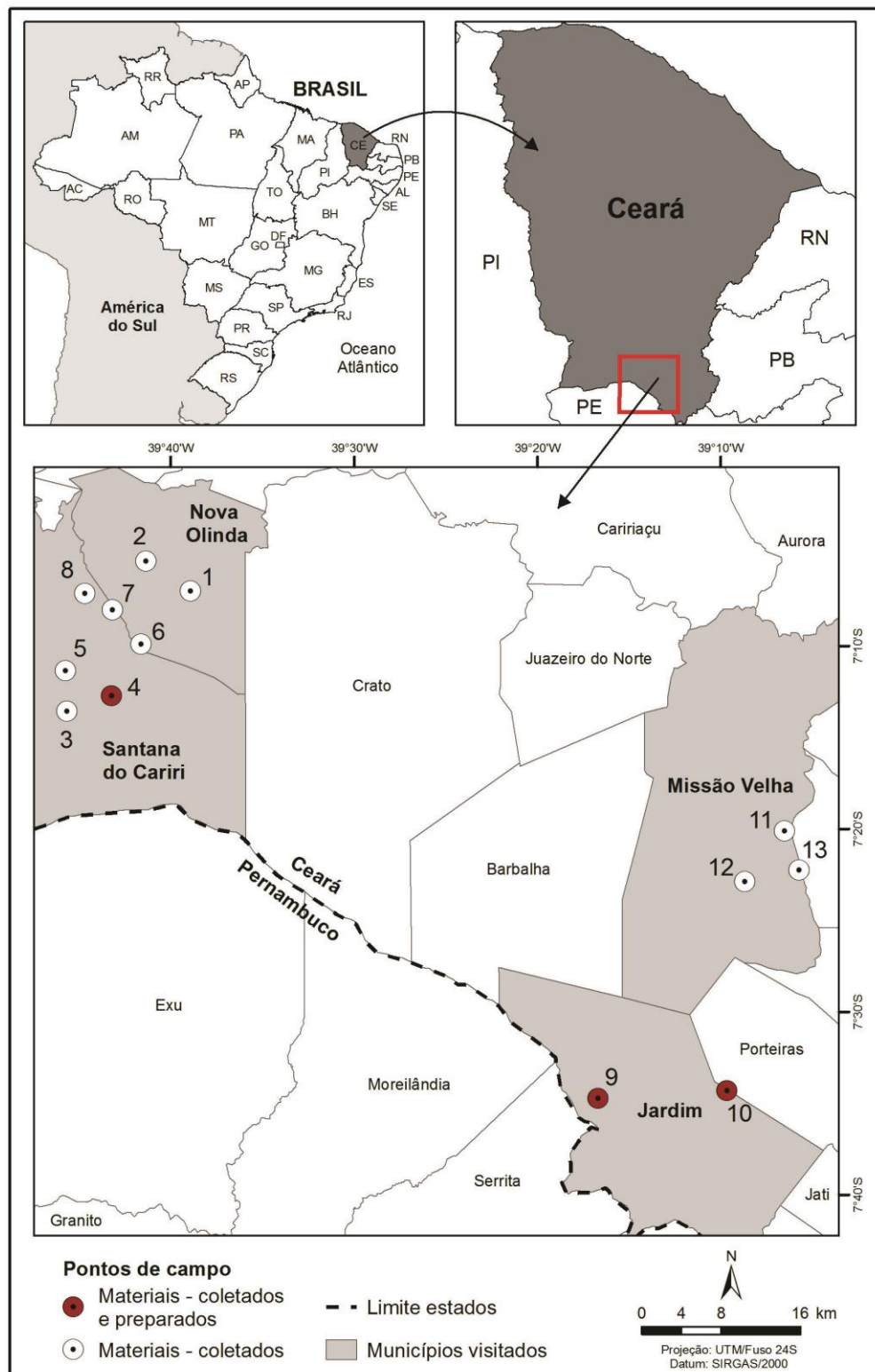


Figura 1. Mapa com os pontos visitados, nos quais foram coletadas concreções calcárias. (Mapa elaborado por Mateus Vidotti e Thaís Tinós).

Tabela 4.1 – Medidas de cada espécime de *Notelops* analisado e preparado química e/ou mecanicamente para esta Tese de Doutorado.

Espécime	Comprimento corporal máximo (mm)	Comprimento craniano máximo (mm)
GP/2E 1642	210,77	43,37
GP/2E 1658	198,09	***
GP/2E 2235	402,34	***
GP/2E 2249	153,62	***
GP/2E 2973	302,31	***
GP/2E 2990	204,76	***
GP/2E 2993	293,89	***
GP/2E 4389	***	68,82
GP/2E 8098a	166,51	68,62
GP/2E 8098b	97,87	***

Fonte: tabela elaborada pela autora.

Tabela 4.2 – Medidas de cada espécime de *Rhacolepis* analisado e preparado química e/ou mecanicamente para esta Tese de Doutorado.

Espécime	Comprimento corporal máximo (mm)	Comprimento craniano máximo (mm)
GP/2E 1264	172,18	***
GP/2E 2167	240,17	68,44
GP/2E 2989 (central)	126,13	36,44
GP/2E 2989 (lado direito)	85,09	26,95
GP/2E 2989 (lado esquerdo)	118,63	40,23
GP/2E 3423	132,39	40,35
GP/2E 4305	249,68	79,05
GP/2E 5514	110,96	***
GP/2E 8087a	200,57	57,47
GP/2E 8093	138,22	51,66
GP/2E 8096	141,48	46,14
URC P • 279	112,5	42,20
URC P • 317	162,43	60,92
URC P • 322	101,62	40,04
URC P • 323	173,22	***
URC P • 324	141,40	***
URC P • 325	115,36	***
URC P • 327	71,76	***

Fonte: tabela elaborada pela autora.

Tabela 4.3 – Medidas de cada Pachyrhizodontoidei indeterminado analisado e preparado química e/ou mecanicamente para esta Tese de Doutorado.

Espécime	Comprimento corporal máximo (mm)	Comprimento craniano máximo (mm)
URC P • 326	65,66	***
URC P • 329	203,97	***

Fonte: tabela elaborada pela autora.

Para a preparação foram selecionadas 19 concreções calcárias depositadas no IGc, sendo que nove apresentam *Rhacolepis* e 10 contêm *Notelops*. Do IGCE foram utilizados, incluindo o material coletado em atividade de campo, sete concreções contendo *Rhacolepis* e duas apresentando Pachyrhizodontoidei indeterminado.

As concreções calcárias originárias da Formação Santana geralmente são estruturas nodulares rígidas, compostas por arenitos e carbonatos, por vezes ferruginosas. Estas concreções usualmente possuem fósseis em seu interior. Para acessar o interior da concreção calcária utiliza-se martelo, eventualmente talhadeira, através de golpes ao longo do maior diâmetro da concreção. Deste modo, quando o nódulo é aberto, existirão duas partes ou mais que frequentemente apresentarão porções do fóssil nelas contidas (Figura 2).

Após a seleção das concreções calcárias, cada uma delas teve seu formato analisado, assim como a disposição do fóssil no seu. As concreções calcárias que se apresentavam mais convexas (Figura 3), cerca de 7,14% do total, tiveram parte de sua convexidade retirada, mediante a utilização de esmerilhadeira angular (Bosch, modelo ½ GWS 6 115). O objetivo da diminuição/eliminação da convexidade foi permitir a ação mais homogênea da solução, amenizando/evitando sua ação mais rápida nas margens da concreção do que em seu centro, em função da espessura de sedimento contida em cada região da concreção.

Após a utilização da esmerilhadeira, 64,28% dos exemplares foram preparados mecanicamente, com microrretífica (Dremel, modelo 3000), utilizando diversos tipos de acessórios rotativos, sob estereomicroscópio (Nikon, ocular com 10x de aumento e objetiva de até 4x). A utilização da microrretífica consistiu em remover o sedimento próximo às estruturas ósseas. Na finalização da preparação mecânica foram utilizados estiletos histológicos e pincéis.

Alguns exemplares foram preparados apenas mecanicamente, com microrretífica, e o foram devido ao sedimento friável e pequeno tamanho da concreção.

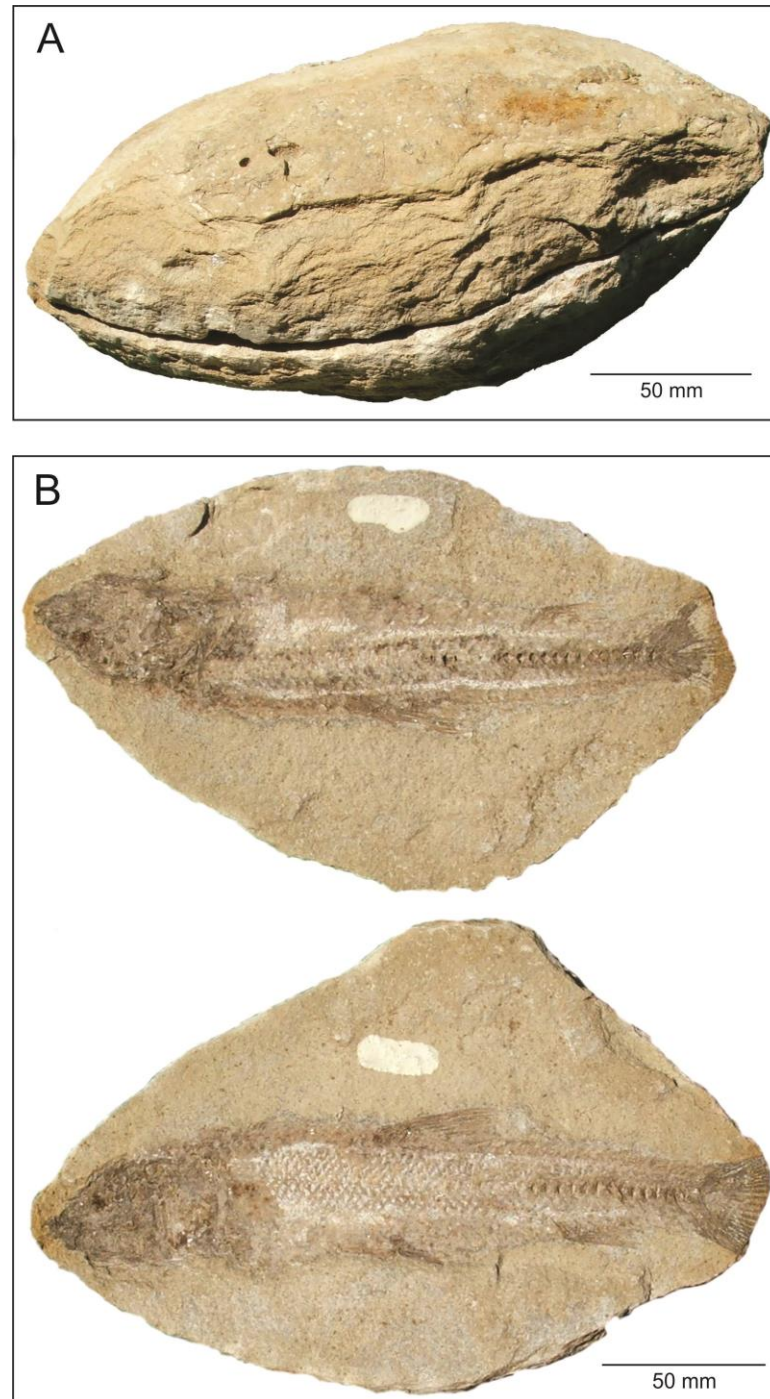


Figura 2. Exemplo de concreção calcária, URC P • 330, portando *Tharrhias araripis*. **A.** Concreção calcária fechada. **B.** Concreção calcária aberta, mostrando porções de *T. araripis*. (Figura elaborada pela autora).

Outros exemplares, 78,57%, após a utilização da esmerilhadeira, foram preparados quimicamente (Quadro 1). De início foi criado um envoltório, com o auxílio de radiografias e plastilina (Figura 4), na porção da concreção calcária onde o fóssil está exposto e esta face foi recoberta com mistura de resina poliéster, monômero de estireno e catalisador. Foi aplicada uma camada, que após seca foi recoberta por outra camada e assim sucessivamente, até que todo o fóssil fosse totalmente recoberto pela mistura.

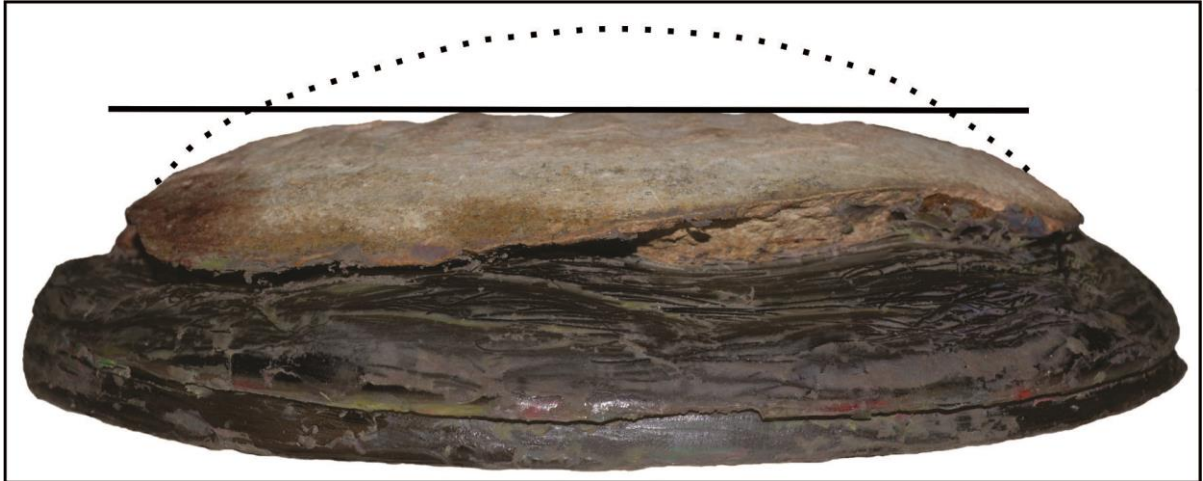


Figura 3. Espécime GP/2E 4496, *Brannerion latum*, em resina (porção inferior). A linha pontilhada exemplifica o contorno original da conchção, e a linha contínua indica onde foi utilizada a esmerilhadeira, objetivando o nivelamento da superfície. (Figura elaborada pela autora).

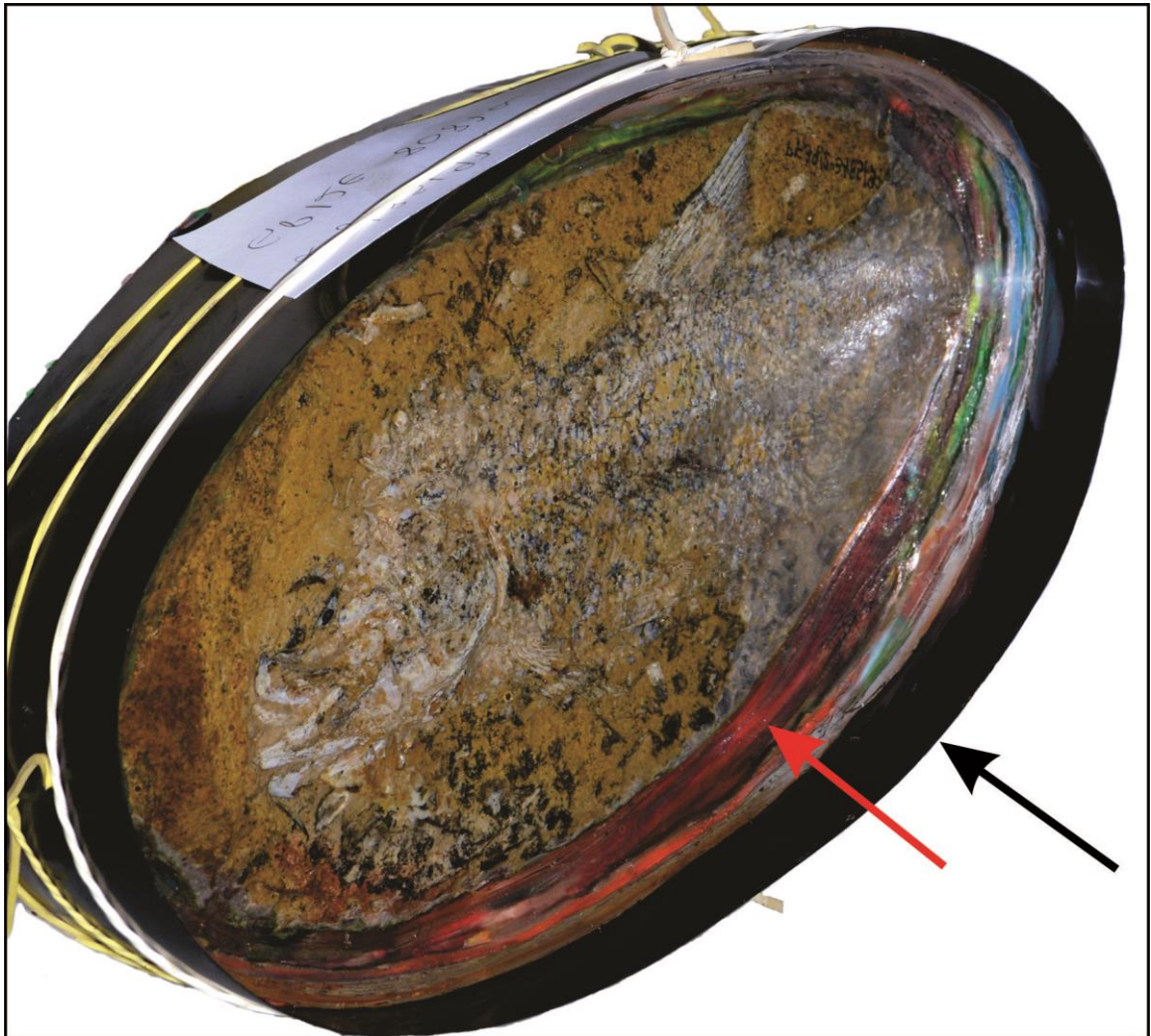


Figura 4. Espécime GP/2E 8087a, *Brannerion latum*. A seta preta indica a radiografia envolvendo o fóssil e a seta vermelha indica a utilização de plastilina para a vedação de espaços. O aspecto brilhante ocorre em função da resina. (Figura elaborada pela autora).

Quadro 1 – Tipo de preparação do material fóssil.

Tipo de preparação de cada espécime, utilizado para a elaboração desta Tese de Doutorado				
Espécime	Preparação mecânica. Utilização de:			Preparação química
	<i>Esmerilhadeira</i>	<i>Microrretífica</i>	<i>Estiletos histológicos</i>	<i>Quantidade de vezes em que o espécime sofreu o ciclo completo de preparação</i>
<i>Espécimes de Notelops brama</i>				
GP/2E 1642			X	35
GP/2E 1658			X	41
GP/2E 2235	X		X	22
GP/2E 2249			X	41
GP/2E 2973	X		X	21
GP/2E 2990		X	X	41
GP/2E 2993		X	X	28
GP/2E 4389		X	X	00
GP/2E 8098a		X	X	24
GP/2E 8098b		X	X	27
<i>Espécimes de Rhacolepis sp.</i>				
GP/2E 1264		X	X	32
GP/2E 2167			X	29
GP/2E 2989		X	X	01
GP/2E 3423		X	X	25
GP/2E 4305			X	26
GP/2E 5514			X	28
GP/2E 8087a			X	39
GP/2E 8093		X	X	00
GP/2E 8096		X	X	35
URC P • 279		X	X	00
URC P • 317		X	X	00
URC P • 322		X	X	00
URC P • 323			X	07
URC P • 324		X	X	06
URC P • 325		X	X	06
URC P • 327		X	X	06
<i>Pachyrhizodontoidei indeterminados</i>				
URC P • 326		X	X	07
URC P • 329		X	X	06

Fonte: quadro elaborado pela autora.

Após esta etapa, os fósseis, sem o envoltório e com a resina poliéster agregada, são submersos em solução com ácido acético glacial a 5% e cálcio trifosfático, onde permanecem por 24 horas. Nas 24 horas posteriores os exemplares são transferidos para água e, findo este período, são mantidos em temperatura ambiente para secagem. As etapas a partir da solução são repetidas até que haja resultado satisfatório.

Este processo, com algumas modificações, é aquele proposto por Toombs & Rixon (1959). Cada um dos estilos de preparação apresenta problemas particulares.

A preparação mecânica é executada antes da preparação química, em função da trepidação sobre a concreção calcária. Com a utilização da esmerilhadeira toda a concreção vibra, mas os elementos ainda estão agregados pelo sedimento, o que diminui as chances de fraturas no fóssil. Após a preparação química, uma leve trepidação, com utilização de microrretífica, pode ser suficiente para que haja fragmentação de estruturas ósseas. Para minimizar este risco optou-se pela utilização da esmerilhadeira, antes de qualquer outra atividade. Logo após os exemplares são submetidos ao processo químico. Eventualmente é possível utilizar estiletos histológicos após a preparação química, mas de modo bastante cuidadoso.

Os exemplares que foram preparados de forma mecânica e quando julgado necessário, foram submetidos à imersão em solução química, de uma a três vezes, para refinamento da retirada do sedimento em cavidades de difícil acesso com ferramentas de preparação mecânica.

A quantidade de vezes que cada exemplar é submetido ao processo químico varia em função da espessura da concreção e de suas características. Maisey (1991a) classifica as concreções da Chapada do Araripe em três tipos: (1) Santana, (2) Jardim e (3) Missão Velha. São definidas em função de forma, tipo do calcário na matriz e cor. Além de interpretações paleoambientais, Maisey (op. cit.) afirma que as concreções dos tipos Santana e Jardim respondem melhor ao procedimento químico, diferentemente das concreções Missão Velha. A concreção Santana responde ainda melhor do que o tipo Jardim, sendo esta última também de fácil preparação mecânica, pois o sedimento é mais friável do que nos demais tipos.

Os tipos Santana e Jardim eventualmente apresentam outros fósseis em meio ao seu sedimento, como moluscos e vegetais. Em concreções do tipo Santana, os tecidos não resistentes demoram mais para serem desagregados em solução, ao contrário do mesmo tipo de tecido em concreções do tipo Jardim [observação pessoal]. O carbonato de cálcio deve ser o agente agregador destes tecidos não resistentes também [de acordo com MAISEY, 1991a, mediante resultados de SCHULTZE, 1989], mas não dos tecidos musculares, que desagregam

mais facilmente do sedimento que outros materiais histológicos. Talvez a presença de escamas sobre os tecidos musculares, por exemplo, diminua a penetração do carbonato de cálcio, agindo como uma barreira física. Para afirmar que a constituição química das escamas age como impeditivo para a penetração do carbonato de cálcio seriam necessários estudos químicos, que fogem ao escopo deste trabalho.

Também o tempo investido para a preparação mecânica, com microrretífica e estiletes, varia de acordo com a quantidade de sedimento presente e também se é mais ou menos friável. De qualquer modo, o sedimento fica muito mais resistente quanto mais próximo das escamas, fator pelo qual nenhum dos exemplares preparados mecanicamente o foram completamente, restando todo o sedimento ao longo do corpo. Além disto, o ritmo da preparação mecânica é limitada pelo esforço articular do preparador. De um modo geral, em 40 dias é possível conseguir um exemplar, com cerca de 15 cm de comprimento, devidamente preparado.

Os dados morfométricos foram obtidos com paquímetro digital (Vonder, modelo PPV 1506). As imagens foram obtidas com câmera fotográfica (Nikon, modelo D3200) estereomicroscópio (Zeiss, modelo Stemi 2000 C) com câmera (Axiocam 105 color) acoplada.

5 GEOLOGIA REGIONAL: BACIA DO ARARIPE

5.1 Localização geográfica e contexto geológico

A Bacia do Araripe é delimitada pelas coordenadas geográficas $07^{\circ} 00'$ e $08^{\circ} 00'$ de Latitude Sul, e $38^{\circ} 30'$ e $41^{\circ} 00'$ de Longitude Oeste (CHAGAS, 2006). Localiza-se entre os estados de Ceará, Pernambuco e Piauí (Figura 5). Possui duas feições distintas, um planalto alongado na direção EW, e um vale, conhecido como Vale do Cariri. Apresenta aproximadamente 8.000 km^2 de área e 1.900 m de espessura, composta por seqüências sedimentares paleozoicas e mesozoicas (NEUMANN & CABRERA, 1999; ASSINE, 2007).

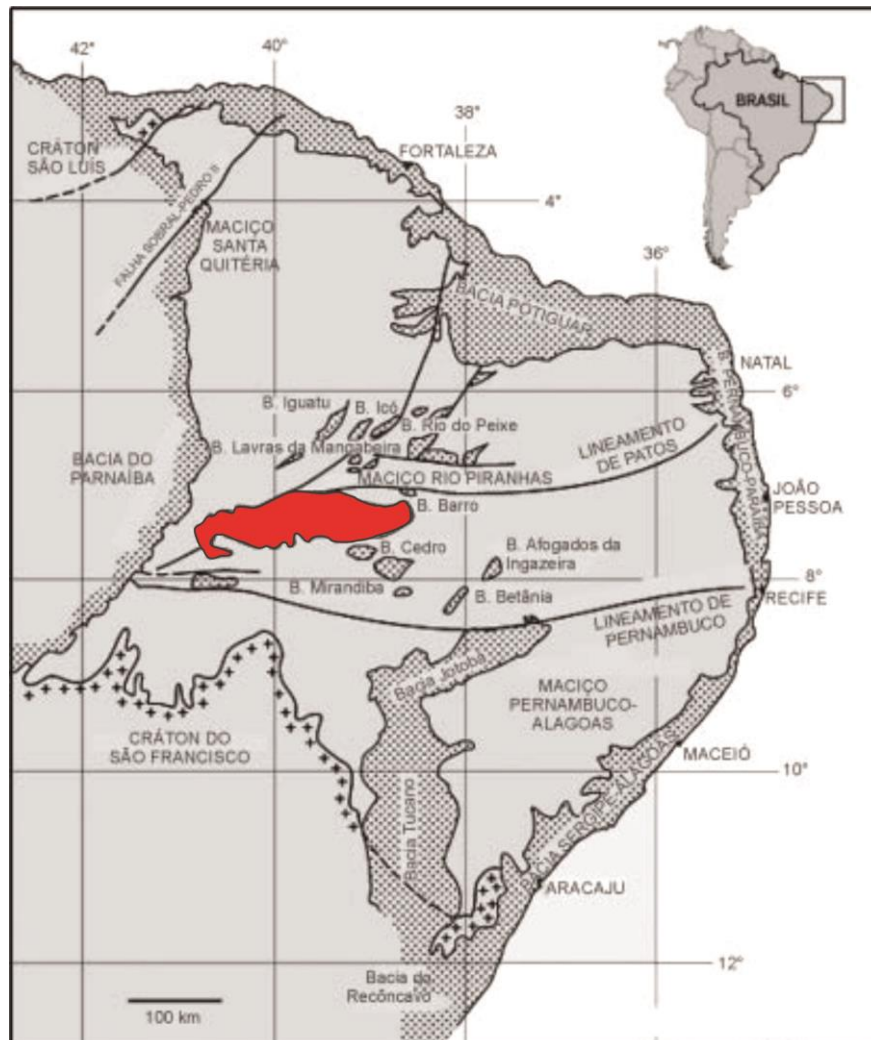


Figura 5. Mapa da região Nordeste do Brasil, e localização das principais bacias mesozoicas interiores do Nordeste, e maiores estruturas bacinais adjacentes. A área preenchida em vermelho representa a Bacia do Araripe. (Figura modificada de ARAI, 2006).

A Bacia do Araripe situa-se entre 600 e 900 m acima do nível do mar. Sua evolução está relacionada à fragmentação do Paleocontinente Gondwana e à abertura do Oceano

Atlântico Sul (BRITO NEVES, 1990; GHIGNONE et al., 1986). Maisey (2000), utilizando trabalhos da década de 1990 (BERTHOU, 1990; MATOS, 1992) concorda com esta proposição de evolução bacinal, que ocuparia um meio-gráben, entre os lineamentos de Pato e Pernambuco, com desenvolvimento estrutural e sedimentação da bacia sob o controle de sistemas de falhas. A América do Sul (Figura 6) teria sofrido rotação horária em relação à África, originando um campo de tensão, responsável por reativação de várias zonas de cisalhamento pré-cambrianas por um falhamento fratural transcorrente. Um ajuste imperfeito, entre blocos lateralmente deslocados pela rotação, teria originado os meio-grábens limitados por falhas (MABESOONE, 1990).

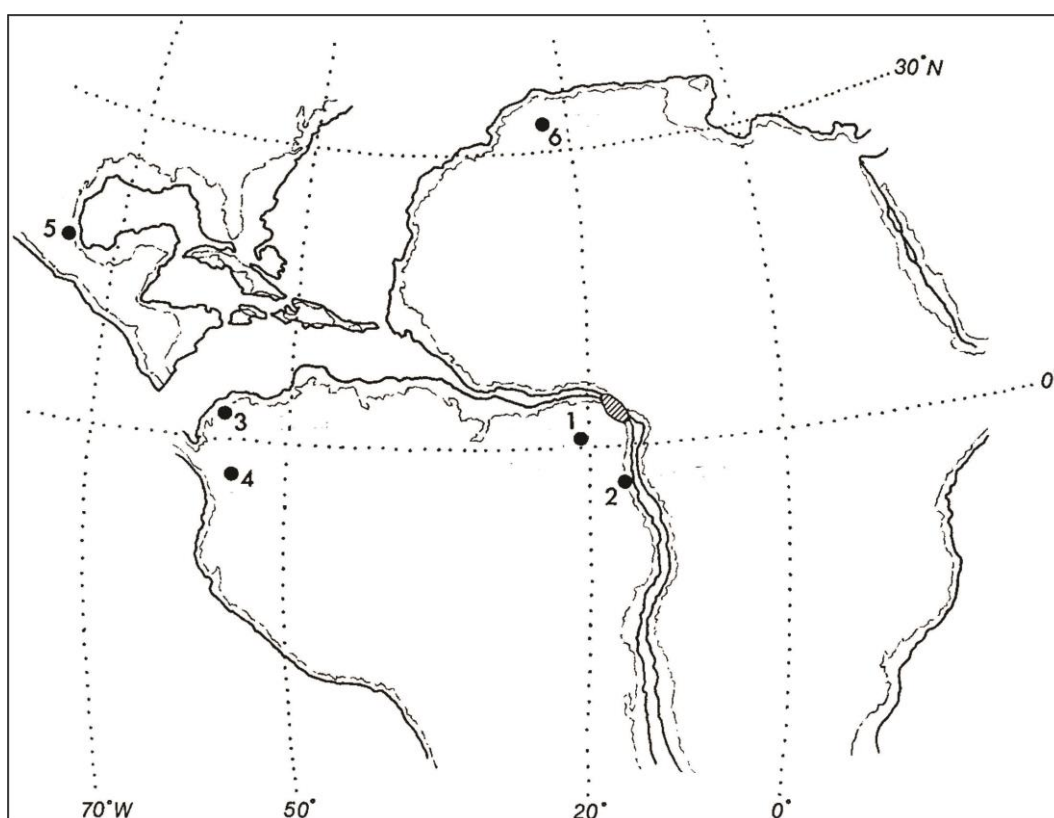


Figura 6. Mapa do Gondwana Ocidental, durante Cretáceo Inferior / médio. 1: Brasil, Bacia do Araripe; 2: Brasil, Bacia Sergipe-Alagoas; 3: Venezuela, Formação Apon; 4: Colômbia, Formação Paja; 5: México, Formação Tlayúa; 6: Marrocos. (Figura modificada de MAISEY, 2000).

Devido aos poucos dados de subsuperfície da Bacia do Araripe, e a incompletude do registro sedimentar, Assine (1994) utilizou o controle do sentido do fluxo da água pelo declive topográfico, em superfície, gerando dados de paleocorrentes para reconstituição tectono-sedimentar.

Muitos autores contribuíram, com as ferramentas e conhecimento disponíveis em cada período, para a identificação de sequências litoestratigráficas. As principais propostas consultadas estão no Quadro 2. Para o presente trabalho foi utilizada a proposta de Assine

(2007) (figuras 7, 8 e 9), cuja revisão e novas proposições litoestratigráficas estão de acordo com o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA, 1996). As contribuições de outros autores, principalmente aqueles enumerados no Quadro 2, são citadas no breve resumo de cada formação componente da Bacia do Araripe.

Quadro 2 – Evolução das propostas litoestratigráficas da Bacia do Araripe.

Small, 1913	Beurlen, 1962	Beurlen, 1963	Gaspary & Anjos, 1964	Braun, 1966	Silva Santos & Valença, 1968	Beurlen, 1971	Mabesoone & Tinoco, 1973	
Arenito Superior	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Feira Nova	Fm. Exu	Fm. Feira Nova	Fm. Exu	Fm. Exu Mb. Sup. Mb. Inf.	
Calcário Sant'Anna	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Mb. Romualdo Mb. Ipubi Mb. Crato
		Fm. Crato						
Arenito Inferior	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Sergi	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Sergi	
			Fm. Brejo Santo	Fm. Aliança				
Conglomerado Basal	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Tacaratu	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Tacaratu	

Continua.

Lima, 1978	Assine, 1990	Ponte & Appi, 1990	Neumann & Cabrera, 1999	Martill et al., 2007	Assine, 2007	Martill et al., 2008
Fm. Exu	Fm. Exu Mb. Sup. Mb. Inf.	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu
Fm. Santana Mb. Crato	Fm. Santana Mb. Crato	Fm. Romualdo	Fm. Romualdo	Fm. Romualdo	Fm. Santana Mb. Romualdo Mb. Crato	Fm. Romualdo
		Fm. Ipubi	Fm. Ipubi	Fm. Ipubi		Fm. Ipubi
		Fm. Crato	Fm. Crato	Fm. Crato		Fm. Crato
Fm. Sergi	Fm. Barbalha	Fm. Rio da Batateira	Fm. Rio da Batateira	Fm. Rio da Batateira	Fm. Barbalha Fm. Abaiara Fm. Missão Velha	Fm. Batateiras Fm. Missão Velha
	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara		
	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha		
Fm. Aliança	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo
Fm. Tacaratu	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti

Conclusão. Fonte: quadro modificado de Assine, 1990.

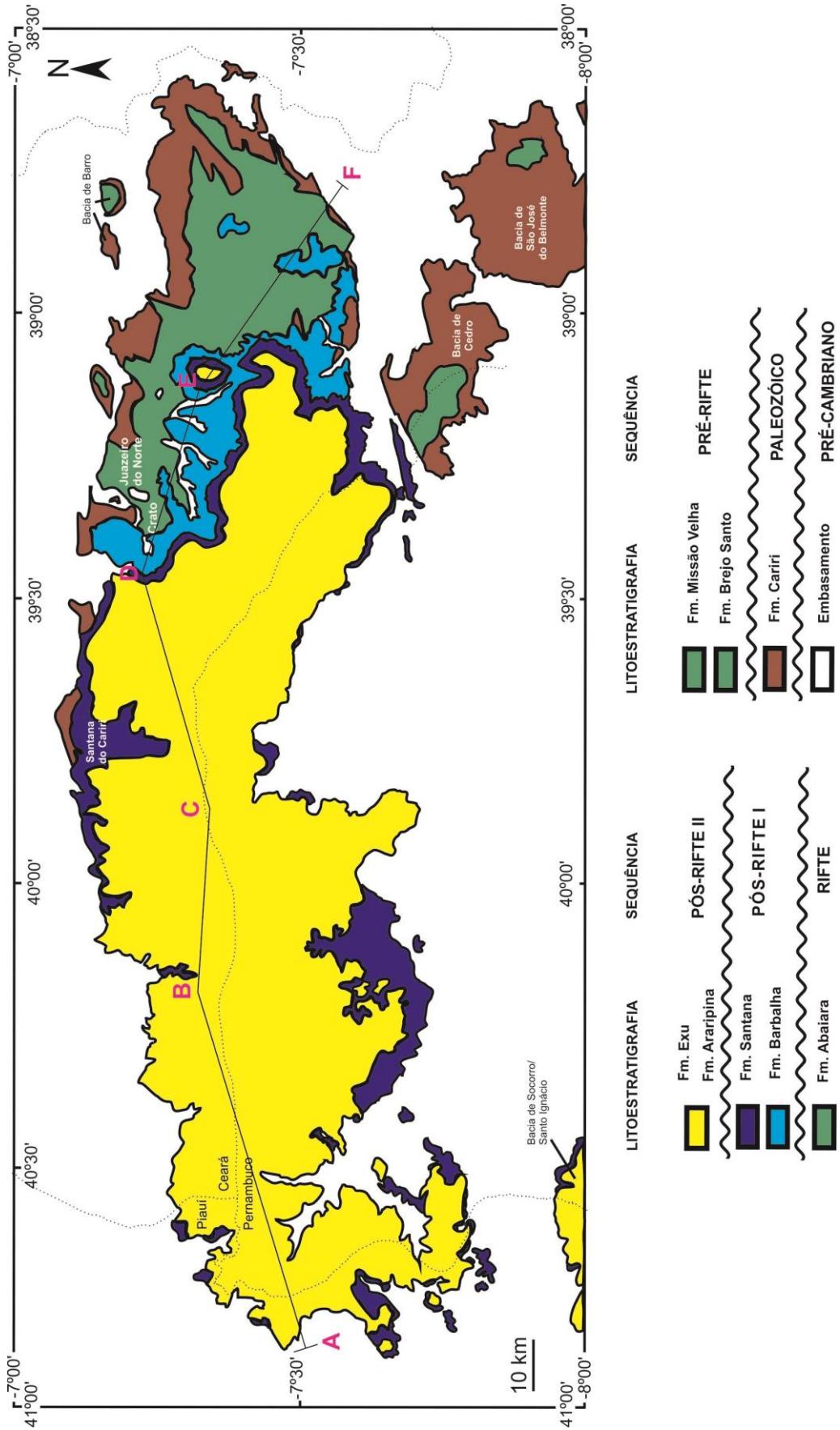


Figura 7. Mapa geológico da Bacia do Araripe. (Figura modificada de ASSINE, 2007).

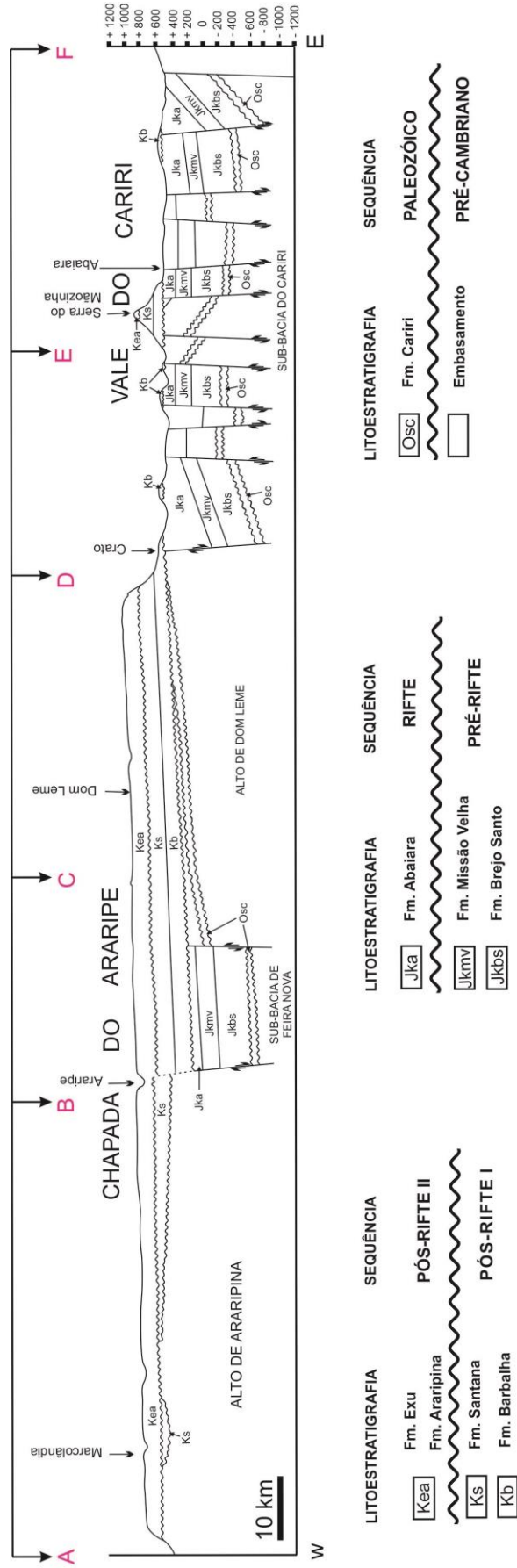


Figura 8. Seção geológica da Bacia do Araripe, conforme traçado da Figura 6. (Figura modificada de ASSINE, 2007).

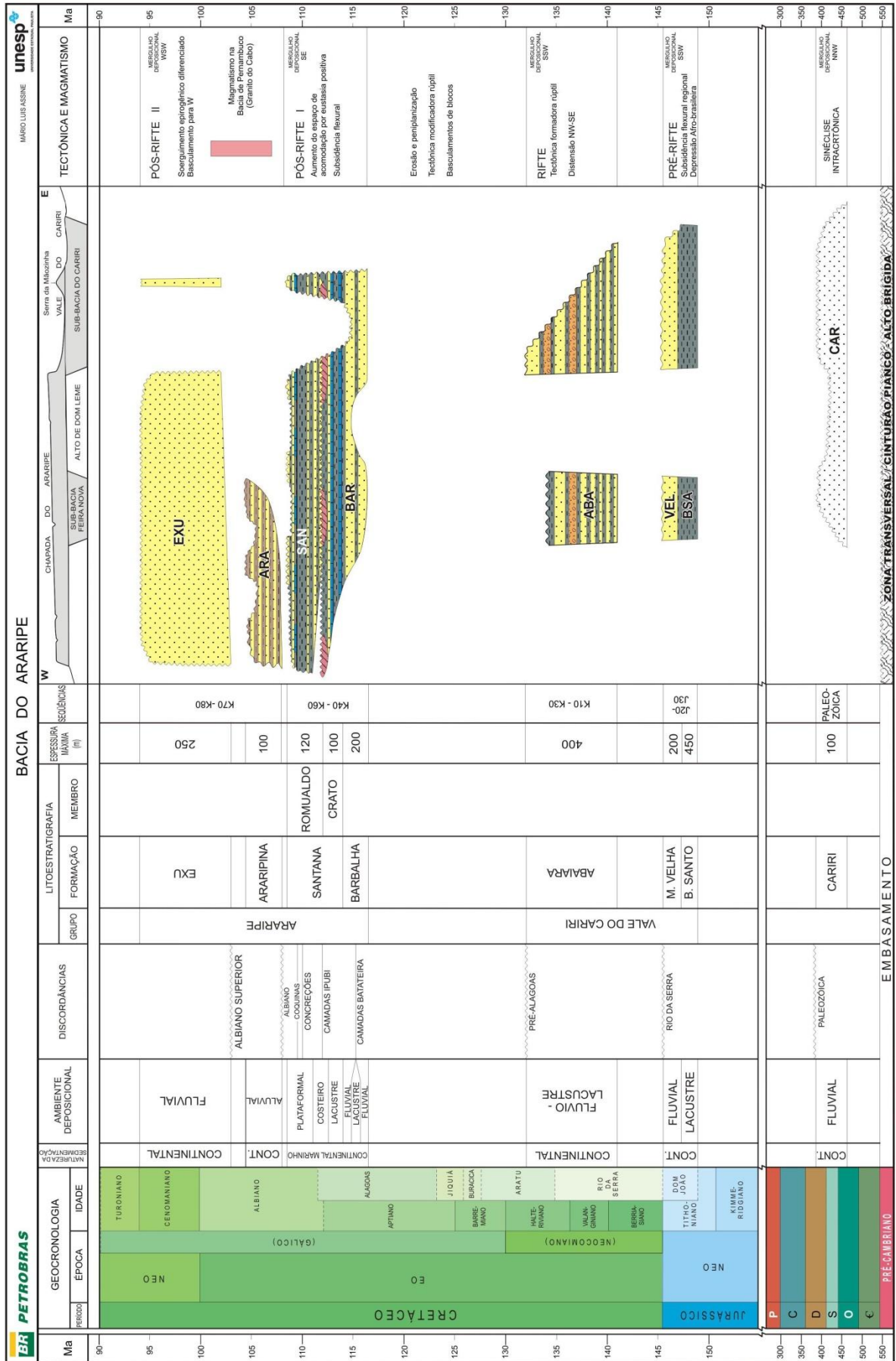


Figura 9. Carta estratigráfica da Bacia do Araripe. (Figura retirada de ASSINE, 2007).

5.2 A sucessão litoestratigráfica da Bacia do Araripe

5.2.1 Sequência Paleozoica

5.2.1.1 Formação Cariri (Figura 10)

É a unidade basal na Bacia do Araripe e das bacias adjacentes, basicamente composta por arenitos conglomeráticos (ARAI, 2006). Apresenta cerca de 100 m de espessura, tendo em sua porção inferior o predomínio de arenitos feldspáticos, com granulometrias média a muito grossa, muitas vezes conglomerática. Mais ao topo, os arenitos feldspáticos gradam para quartzosos, de granulometrias média a grossa, com seixos de quartzo dispersos ou acompanhando os planos de estratificações (ASSINE 1992, 2007). As estratificações são geralmente cruzadas de médio porte, tabulares planares e secundariamente acanaladas, muito irregulares (BEURLEN, 1963), em *sets* de espessuras decimétricas a métricas. São interpretadas como originadas em sistemas fluviais entrelaçados (*braided*), com escassez acentuada da fração pelítica de planície de inundação (ASSINE, 1992). A coloração é sempre amarela (BEURLEN, 1962).



Figura 10. Formação Cariri: arenitos com estratificações cruzadas. (Imagem obtida pela autora).

A datação nesta unidade geológica é estabelecida de acordo com a similaridade litológica com a Formação Tacaratu (Bacia Tucano-Jatobá). Ghignone (1972) propôs que estas duas formações seriam parte do Grupo Serra Grande, integrando a Bacia do Parnaíba, que no Siluriano se estendia mais para Leste. Braun (1966) atribuiu idade paleozoica para a

Formação Cariri, por considerá-la afossilífera, entretanto Albuquerque et al. (1999) noticiam a existência de icnofósseis de organismos vermiformes, icnogêneros *Planolites* e *Palaeophycus*.

O padrão de paleocorrentes é constante ao longo da bacia para Norte / Noroeste, não apresentando similaridades com os padrões das unidades das sequências pré-rifte e rifte (ASSINE 1994, 2007).

5.2.2 Supersequência Pré-Rifte

5.2.2.1 Formação Brejo Santo (Figura 11)

Com espessura máxima de cerca de 450 m, esta unidade geológica apresenta, na base, camadas delgadas de siltitos e arenitos (ASSINE, 2007). Em direção ao topo, a composição é essencialmente de folhelhos e lamitos vermelhos, nos quais se encontram ostrácodos típicos do Andar Dom João, como *Bisulcocypris pricei* e *Darwinula oblonga* (BRAUN, 1966). A presença de morfótipos exclusivamente não marinhos indica sedimentação lacustre em condições oxidantes, em ambientes propícios à formação de *red beds* (ASSINE, op. cit.; VIANA & CAVALCANTI, 1995).

Braun (1966), em função de análises litológica e paleontológica, correlacionou esta unidade geológica à Formação Aliança, da Bacia Recôncavo-Tucano-Jatobá, e Assine (1992, 2007), Chagas (2006) e Arai (2006) a correlacionaram com a Unidade Bananeiras, da Bacia Sergipe-Alagoas.



Figura 11. Formação Brejo Santo: argilitos vermelhos com camadas delgadas de siltitos arenosos esbranquiçados. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).

5.2.2.2 Formação Missão Velha (Figura 12)

Sua espessura máxima é próxima de 200 m (ASSINE, 2007), sendo constituída por arenitos friáveis e argilosos, de granulações média ou fina, localmente conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeiras silicificadas. Predomina a coloração vermelha (BEURLLEN, 1963; ASSINE, op. cit.).



Figura 12. Formação Missão Velha: detalhe das estratificações cruzadas acanaladas. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).

O perfil estratigráfico vertical, mostrando granocrescência ascendente gradual, dos pelitos avermelhados da Formação Brejo Santo, para os arenitos da Unidade Missão Velha, permite interpretar uma sequência sedimentar progradante, em que lagos rasos e / ou planícies aluviais distais foram colmatadas por sistemas fluviais entrelaçados, de pequeno a médio portes, mas de alta energia, a julgar pelas litologias e dimensões dos *sets* (ASSINE, 1992).

A Formação Missão Velha é litologicamente cronocorrelata às unidades Sergi (Bacia Recôncavo-Tucano) e Serraria (Bacia Sergipe-Alagoas) (ASSINE 1992, 2007; ARAI, 2006; CHAGAS, 2006). Os dados de paleocorrentes, medidas nos arenitos fluviais, indicam paleofluxo constante para o rumo SSE, integrando paleorrede hidrográfica que fluía em direção à Bacia Recôncavo-Tucano (ASSINE, 1994). A associação palinológica da Unidade Missão Velha, descrita por Arai et al. (2000) e Coimbra et al. (2002), é bastante sugestiva de idade jurássica.

Assine (1994) atribuiu as formações Brejo Santo e Missão Velha à Supersequência Pré-Rifte, correspondentes à subsidência mecânica, no interior da região Nordeste do Brasil, induzida pela transmissão, no interior da placa, de esforços decorrentes dos processos de rifteamento do Gondwana.

5.2.2.3 Formação Abaiara (Figura 13)

Com espessura máxima de cerca de 400 m, o contato basal com a Formação Missão Velha é admitido como discordante, em função da ausência dos ostrácodos *Cypridea kegei* e *C. depressa* (CHAGAS, 2006; ASSINE, 2007).

Folhelhos sílticos e siltitos vermelhos, com intercalações lateralmente descontínuas de camadas decimétricas de arenitos finos, predominam na base da seção, seguidos por lentes decamétricas de arenitos quartzosos, finos a muito grossos, com níveis conglomeráticos, portadores de fragmentos de madeira silicificada, que em função de sua deposição aleatória seriam retrabalhados da unidade sotoposta (ASSINE, 1990). As estratificações são cruzadas tabulares tangenciais na base, e dobras convolutas são evidências de tectonismo contemporâneo à sedimentação (ASSINE 1992, 2007).



Figura 13. Formação Abaiara. Camadas delgadas de argilitos (vermelhos), intercalados com arenitos siltosos. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).

Nos arenitos intercalam-se alguns poucos níveis decimétricos a métricos de folhelhos papiráceos, que frequentemente apresentam escamas de peixes e ostrácodos como *Cypridea*

sellata e *C. candeiensis*, o que permitiu posicionar cronoestratigraficamente a Formação Abaiara no Andar Rio da Serra (ASSINE, 1992).

Os folhelhos e siltitos de tonalidades avermelhadas, presentes também na base do Andar Rio da Serra da Bacia do Araripe, são interpretados como produto de sistemas lacustres rasos/planícies aluviais, de baixa energia, permitindo o desenvolvimento abundante de ostrácodos em direção ao topo, sendo sucedidos por arenitos fluviais.

Paleocorrentes medidas nos arenitos fluviais mostram paleofluxos constantes para SSE, permitindo concluir que o cenário paleogeográfico do Andar Dom João não foi alterado durante o Eocretáceo. A Bacia do Araripe fazia parte de uma paleobacia hidrográfica, cujos rios corriam para Sul, em direção à Bacia de Recôncavo-Tucano (ASSINE 1994, 2007).

5.2.3 Supersequência Pós-Rifte I

5.2.3.1 Formação Barbalha (Figura 14)

Com espessura máxima de 200 m, o contato basal com a Formação Abaiara é tido como em discordância angular. Predominam arenitos com intercalações de folhelhos com colorações avermelhadas e amareladas (ASSINE 1992, 2007), e níveis delgados de conglomerados. Os arenitos são finos a médios, subarredondados a subangulares, em geral bastante friáveis, argilosos, às vezes com seixos dispersos e / ou portadores de feldspatos alterados e pelotas de argilitos, que invariavelmente apresentam estratificações cruzadas planares ou acanaladas e feições sigmoidais (ASSINE, 1992).

O perfil estratigráfico vertical da Formação Barbalha compreende dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente, cujos topos são marcados pela presença de intervalos pelítico-carbonáticos lacustres.

O primeiro ciclo se encerra com um intervalo de folhelhos betuminosos pretos, ricos em lâminas carbonáticas (ASSINE 1992, 2007) de origem algálica. Também ocorrem fragmentos vegetais carbonificados, ostrácodos, restos de peixes (*Dastilbe*) e coprólitos. Este intervalo, em meio ao qual se encontra uma camada decimétrica de calcário com aspecto brechóide, mineralizado em sulfetos, foi denominado informalmente “Sequência Plumbífera do Araripe” por Farina (1974). Sua idade é neo-aptiana, obtida a partir da análise de palinomorfs (FARINA, op. cit.; LIMA & PERINOTTO, 1984; HASHIMOTO et al., 1987 apud ASSINE, 1992).

Hashimoto et al. (1987 apud ASSINE, 1992) formalizaram a denominação “Camadas Batateira” (Figura 14) para o intervalo no qual ocorre a camada decimétrica de calcário com

aspecto brechóide. Devido à sua grande extensão lateral, e pequena espessura, inferior a 10 metros, constitui marco estratigráfico de importância regional na Bacia do Araripe. As “Camadas Batateira” são representativas do primeiro sistema lacustre na Bacia do Araripe, em condições de anoxia, o que propiciou a preservação de significativa quantidade de matéria orgânica. Inicialmente restrito e caracterizado por águas rasas e pouco oxigenadas (ambiente redutor), constitui o ambiente propício à fixação de íons metálicos (Pb, Zn, Cu) sob a forma de sulfetos, cuja precipitação foi favorecida pela alta porosidade das brechas carbonáticas (ASSINE, 1992).

Arenitos grossos e conglomerados fluviais sobrepõem-se às “Camadas Batateira”, em contato erosivo. Em direção ao topo, os arenitos se tornam mais finos, com intercalações de folhelhos calcíferos de cor verde, que se tornam dominantes no topo da Formação Barbalha. O segundo ciclo de granodecrescência ascendente termina com os calcários micríticos laminados do Membro Crato da Formação Santana, que formam bancos descontínuos, com espessuras ultrapassando 220 metros, interdigitados lateralmente por folhelhos verdes (ASSINE, 2007).



Figura 14. Formação Barbalha. Camadas Batateira. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).

Paleocorrentes na Formação Barbalha revelaram mergulho deposicional para Sudeste. Paleofluxos similares foram constatados por Rolim & Mabesoone (1982) na Unidade Marizal (Bacia de Tucano), lito, crono e geneticamente correlata à Formação Barbalha. Isto indica que os eventos tectônicos da fase rifte não alteraram significativamente a

paleodrenagem continental, que a Sul do Lineamento da Paraíba continuou a fluir em direção às bacias Recôncavo-Tucano, e possivelmente Bacia Sergipe-Alagoas (ASSINE, 2007).

A extensão original da Bacia do Araripe era maior que sua atual área de ocorrência, sendo testemunho a Bacia de Socorro, e ocorrências identificadas por Ponte (1994), nas bacias de Cedro e São José do Belmonte (ASSINE, 1994).

5.2.3.2 Formação Santana

5.2.3.2.1 Membro Crato (Figura 15)

A seção pelítico-carbonática, que caracteriza a parte inferior da Formação Santana, indica a ampliação dos sistemas lacustres, apontando condições de baixa energia no ambiente deposicional, com influxo de terrígenos e turvação da água decrescentes, sendo comum nos carbonatos a presença de filamentos algálicos. Há bancos de arenitos finos siltosos de espessura decimétrica e estratificações horizontais, intercalados com folhelhos cinza-esverdeados (CHAGAS, 2006).

A rica associação fóssilífera nos calcários laminados e folhelhos apresenta quilópodos, aracnídeos, crustáceos, insetos, peixes, anuro e macrófitas, dentre outros organismos (MARTILL et al., 2007), é caracterizada pela ausência de formas marinhas, indicando ambiente de sedimentação lacustre (NEUMANN & CABRERA, 1999). De acordo com Leal & Brito (2004), a presença de *Cladocyclus* sp. nos calcários lacustres seria devido à utilização deste ambiente como berçário. A sequência compreende um ciclo transgressivo/regressivo, incompleto no topo (ASSINE, 1992).

Em associação com os folhelhos pirobetuminosos, no topo do Membro Crato, estão os evaporitos das “Camadas Ipubi”. Estes evaporitos exibem pouca variabilidade química, restringindo-se a sulfatos de cálcio, especialmente sob a forma de gipsita laminada primária, com cristais colunares em *palisades* (ASSINE, 1990). Existem ainda folhelhos pirobetuminosos pretos (CHAGAS, 2006), ricos em fragmentos vegetais carbonificados e ostrácodos continentais, o que significa não haver uma ampla bacia evaporítica marinha contínua (ASSINE, 1992).

Os evaporitos são interpretados como originados em ambientes costeiros (supramaré), sujeitos a variações relativas do nível do mar, em condições de climas árido a semi-árido (ASSINE 1992, 2007). Ambientes costeiros subaquosos, sem conexão com o mar, com dimensões individuais da ordem de dezenas a centenas de quilômetros quadrados, preenchidas por gipsita laminada, com espessuras que ultrapassam 10 metros. A interação de

processos subaquosos e subaéreos pode ter levado à grande complexidade faciológica do intervalo, caracterizado pela interdigitação de sedimentos portadores de fósseis de origens marinha e continental (LIMA, 1978).



Figura 15. Membro Crato. Imagem obtida no Geossítio 5, Pedra Cariri, área do Geoparque Araripe. (Imagem obtida pela autora).

5.2.3.2.2 Membro Romualdo (Figura 16)

Alguns metros acima dos evaporitos das Camadas Ipubi há uma sucessão de folhelhos, arenitos e carbonatos, com estruturas sedimentares indicativas de retrabalhamento por ondas, onde ocorre o Membro Romualdo, constituído por abundantes concreções carbonáticas, frequentemente fossilíferas, que ocorrem em meio à fácies de folhelhos calcíferos esverdeados, ricos em ostrácodos.

Grande parte destas estruturas concrecionárias encerra vegetais, invertebrados e vertebrados em seu interior, compondo uma paleoictiofauna considerada, ao menos parcialmente, como marinha (MAISEY, 2000). Em meio aos folhelhos existem concentrações

fossilíferas coquinóides, contendo dinoflagelados, foraminíferos (LIMA, 1978; ARAI & COIMBRA, 1990), bivalves, gastrópodes e equinodermos (BEURLEN, 1966; SALES, 2005), confirmando a ingressão marinha na área.

Mais no topo, interdigitados aos sedimentos pelítico-carbonáticos portadores de organismos marinhos, voltam a ocorrer siltitos e arenitos com fósseis de águas continentais, como moluscos (BEURLEN, 1971).

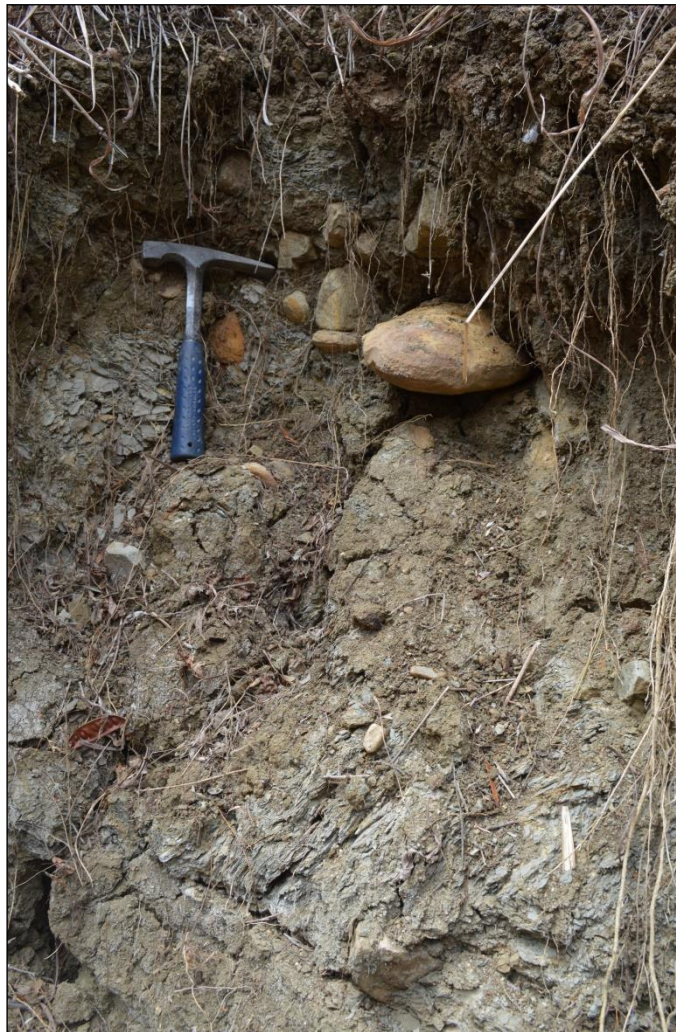


Figura 16. Membro Romualdo, com concreções calcárias *in loco*. (Imagem obtida pela autora).

5.2.4 Supersequência Pós-Rifte II

5.2.4.1 Formação Araripina (Figura 17)

Compreendendo cerca de 100 m de espessura (ASSINE, 2007), é separada da Formação Santana por uma discordância. Lima (1978) concluiu que o conjunto palinológico presente nesta Formação é consideravelmente distinto em relação àquele da Formação

Santana, considerando esta seção de idade meso-albiana, depositada sob o clima quente e árido.

A Formação Araripina é constituída por ritmitos argilo-siltosos (ASSINE, 1992) e lamitos, de colorações avermelhadas, arroxeadas e amareladas, neles ocorrendo intercalados corpos lenticulares de arenitos médios a grossos, com espessuras que ultrapassam 3 m.



Figura 17. Formação Araripina: ritmitos argilo-siltosos. (Imagem cedida por Bruno Cesar Araújo).

Estruturas de sobrecarga, como pseudonódulos e almofadas, e estruturas em chama, são comuns nesta unidade, sendo a presença de truncamentos nas estratificações uma característica marcante, constituindo diastemas angulares internos à unidade. Os ritmitos são interpretados como produto de fluxo laminar não confinado, com transporte predominantemente por suspensão, nos períodos de aumento da descarga fluvial. Os arenitos lenticulares representariam fácies de canais distributários, que progressivamente se dissipariam nas porções distais, consequência de diminuição da declividade (ASSINE, 1992). Exceto os palinomorfos descritos por Lima (1978) não foram encontrados fósseis na unidade, cuja faciologia é condizente com sedimentação em planícies de leques aluviais (ASSINE, op. cit.).

5.2.4.2 Formação Exu (Figura 18)

Os arenitos fluviais da Formação Exu, cuja espessura compreende cerca de 250 m, recobrem em discordância erosiva à Formação Araripina, em alguns locais com pequena

angularidade, representando um novo evento tectono-sedimentar (ASSINE, 2007). Na porção Oeste da bacia o arranjo estratigráfico é de ciclos com granodecrescência ascendente, com delgados níveis de conglomerados e / ou arenitos conglomeráticos na base, superpostos por arenitos grossos com estratificações cruzadas planares e acanaladas, dispostos em *sets* decimétricos a métricos (ASSINE, op. cit.), em meio aos quais ocorrem fácies lamíticas de planícies de inundação. Estes depósitos são interpretados como produtos de rios meandantes (ASSINE, 1992).

Os sedimentos fluviais desta sequência, depositados ainda em condições eustáticas positivas, evidenciam um soerguimento epirogênico da região a partir do meso-Albiano. Isto trouxe rearranjo à paleodrenagem continental, que então passou a fluir para Oeste, em direção à Bacia do Parnaíba, integrando tratos deposicionais contíguos àqueles da Formação Itapecuru (ASSINE, 2007).

Deduz-se que o retorno às condições continentais na Bacia do Araripe foi resultado de movimentação vertical positiva do Bloco Nordestino, a partir do meso-Albiano (ASSINE, 1994). Este soerguimento teria sido diferenciado, mais intenso a Leste, reestruturando completamente a paleodrenagem continental no interior do Nordeste, que passou a fluir para oeste (ASSINE op. cit., 2007).



Figura 18. Formação Exu. (Imagem cedida por Alexandre M. Feitosa Sales).

6 CONCREÇÕES DA FORMAÇÃO SANTANA

As concreções calcárias da Bacia do Araripe são conhecidas por diversidade, abundância e excelência dos fósseis nelas contidos. Estas estruturas ocorrem nos estratos mais superiores da Formação Santana. Neste sentido não seria equivocada dizer que a Formação Santana é um autêntico *lagerstätten* (SEILACHER et al., 1985), nos sentidos quantitativo e qualitativo, pois suas camadas portam fósseis de preservação incomum, ricos em informações paleontológicas. Entretanto a gênese da concreção calcária, que permitiu a produção de fósseis espetaculares, algumas vezes portando até mesmo tecidos não resistentes, possui diversas interpretações.

Wells & Erickson (1933) atribuíram a formação dos sais de cálcio e magnésio, como anterior ao encerramento da matéria orgânica situada dentro das concreções. Weeks (1953) considera que o carbonato de cálcio, para deposição, requer pH de no mínimo 7.5, semelhante àquele de ambientes marinhos. Entretanto a preservação de matéria orgânica em folhelhos betuminosos indica ambiente redutor, ou semelhante a isto, pelo menos até o soterramento. Mas ambientes oxidativos/redutores teriam pouca ou nenhuma influência sobre a deposição dos carbonatos. O agente condicionante deve ser aquele que torne as imediações adequadamente alcalinas. Neste sentido, o mesmo autor sugere a concentração localizada de amônia ou amina, mediante decomposição anaeróbia aumentaria acentuadamente o pH, sendo suficiente para a precipitação do carbonato de cálcio. Sobre a precipitação deste composto, Lima et al. (2007) concordam que, em casos onde o ambiente exibe caráter alcalino, é induzida a precipitação precoce de carbonato de cálcio, como substância mineralizadora, em torno das estruturas orgânicas.

Martill (1988) propôs um modelo de formação dos ictiólitos, adicionando como condição necessária existência de um ambiente hipersalino saturado por carbonatos e cálcio, e utilizou o termo “efeito medusa” para designar esta preservação geologicamente instantânea, que considerou ter ocorrido nas concreções da Formação Santana. Maisey (1991a) também abordou a formação das concreções calcárias, sendo que o processo de geração da matriz calcária ocorreria com mais rapidez que a deposição da rocha hospedeira, impedindo a decomposição dos restos dos organismos, mantendo a forma tridimensional dos mesmos quando fossilizados.

Bate (1972) tratou sobre ostrácodes fossilizados em condições excepcionais em uma mesma concreção, onde ocorre um exemplar de *Cladocyclus gardneri*. Os ostrácodes, atribuídos à espécie *Pattersoncypris micropapillosa*, tiveram preservados detalhes dos

apêndices e até mesmo tecido muscular sem distorção de sua microestrutura, fato que Bate (1972) atribuiu à fonte de material fosfático, ou seja, o corpo de *Cladocyclus* do qual os invertebrados estariam se alimentando. Os sais de fosfato, originados pelo decaimento do peixe, teriam permeado imediatamente o ambiente próximo aos ostrácodes, cuja carapaça teria sido substituída por apatita. Rápido soterramento e asfixia dos invertebrados parece provável, pois foram fossilizados com as valvas ligeiramente abertas. Com este trabalho, Bate (op. cit.) introduz o fosfato como elemento para a excelente preservação dos organismos, incluindo a preservação de tecidos não resistentes, como fibras musculares, fragmentos de órgãos, ou seja, estruturas que não sejam ossos, ganoína ou queratina, por exemplo, como nos vertebrados.

Cressey & Patterson (1973) recuperaram dois copépodes em câmaras branquiais também em *Cladocyclus gardneri*, e estes invertebrados que aparentemente são compostos pela mesma substância que os ostrácodes, teriam sido fossilizados mediante o mesmo processo, utilizando as mesmas fontes elementares.

Schultze (1989), utilizando trabalho de Burnett (1977), e também Gulbrandsen (1969), afirma que água marinha possui baixa concentração de fósforo, para que haja precipitação de fosfatos. Então o fósforo deve ser incrementado pela decomposição da matéria orgânica, carcaças, depósitos fecais ou plâncton marinho. A preservação de tecidos não resistentes, em meio à formação de concreção calcária seria resultado da precipitação mineral associada ao início da decomposição da carcaça e à precipitação dos íons de bicarbonatos. Também seriam necessárias condições anóxicas. Como observado por Schultze (op. cit.), o processo ocorre numa linha tênue entre decomposição do tecido não resistente para a produção de fosfato e sua precipitação para preservar o tecido não resistente antes de seu completo decaimento, como no caso de ostrácodes e copépodes. Neste sentido, a preservação dos tecidos não resistentes dos peixes encerrados em concreções calcárias (ictiólitos) da Formação Santana, é similar, mas com diferenças fundamentais.

Quando os peixes, no interior do ictiólito, possuem tecidos não resistentes, a aparência do material é branca. Quando presentes geralmente o são próximos às nadadeiras, na região ventral ou entre as escamas, sendo que raramente ocorrem na região cefálica. Esta observação pessoal é resultado da análise de mais de 8.000 exemplares de peixes presentes em concreções calcárias.

Segundo análises de Schultze (op. cit.), as delgadas seções de tecidos musculares de *Neoproscinetes penlvai* e *Notelops brama*, utilizadas para difração de raio X, revelaram que a preservação ocorre em calcita. Esta afirmação está em desacordo com Briggs & Wilby

(1993), justificando que há consenso sobre fosfato ter sido obliterado pelo carbonato de cálcio intersticial.

A massa branca é superficial, constituindo uma infiltração (de fora para dentro). Eventuais esferas presentes em tecidos não resistentes, poderiam ser explicadas como cristais e não formações bacterianas, pois a fosfatização por bactérias leva à preservação de um fantasma de tecido não resistente. Deste modo, a preservação de tecidos não resistentes em ictiólitos seria apenas externa, sem estrutura tridimensional, salvo casos excepcionais, onde há fonte abundante de fosfato, como em ostrácodes e copépodes.

Wilby et al. (1996) argumentam sobre a fosfatização de tecidos não resistentes, que o fator crítico, a disponibilidade de fósforo no ambiente, pode ser originária do (1) decaimento da matéria orgânica, (2) aglomerados microbianos que o fixam organicamente, (3) ciclo redox na coluna de água. Independente da origem do fosfato, os autores sugerem que aglomerados microbianos possuem papel fundamental em fosfogênese e mineralização de tecidos não resistentes. Além disto, experimentos laboratoriais mostraram que a fosfatização de tecidos não resistentes é favorecida quando ocorre em condições aproximadamente anóxicas, em que a diminuição do pH é mantida por tempo suficiente para inibir a precipitação de carbonato de cálcio (WILBY et al., op. cit.; BRIGGS & WILBY, op. cit.).

Em trabalho mais recente, Briggs (2003) atribuiu a formação da concreção à atividade microbiana. A fragmentação da carcaça em ambiente aquático dependeria da fonte de energia e do decaimento microbiológico, condições de anoxia impedindo a atividade de necrófagos microscópicos, pois a quantidade de oxigênio requerida para tal atividade é alta, e sua difusão entre tecidos e sedimento pode ser baixa. Entretanto muitos necrófagos apresentam atividade anaeróbia. Uma vez que todo o oxigênio tenha sido utilizado, o decaimento poderia ser efetuado por outros aceptores de elétrons, um deles utilizando SO_4 , cuja redução resultaria na formação de sulfeto de ferro.

Viana (1998) analisou a composição dos restos de peixes e as concreções calcárias da Formação Santana, evidenciando que os restos de moluscos e ostrácodes foram recristalizados como calcita rica em magnésio, manganês e ferro, mostrando uma composição química similar àquela da matriz.

Independente da interpretação, parece consensual que este tipo de fossilização ocorreu na Bacia do Araripe por uma feliz conjunção de fatores (MARTILL 1989, 1990, 1994): abundância de fauna, mortandades episódicas, ambiente calmo, soterramento rápido, ausência de seres detritívoros, ausência de pressão suficiente para comprimir os cadáveres caídos no fundo subaquoso.

Ainda que esteja fora do escopo do presente trabalho a análise de tecidos não resistentes, foi encaminhada uma amostra de tecido não resistente de um peixe em concreção calcária (espécime URC P • 279), para que fosse realizada microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esta análise prévia foi utilizada para familiarização com o equipamento, buscando interpretação de resultados para análises futuras (Figura 19).

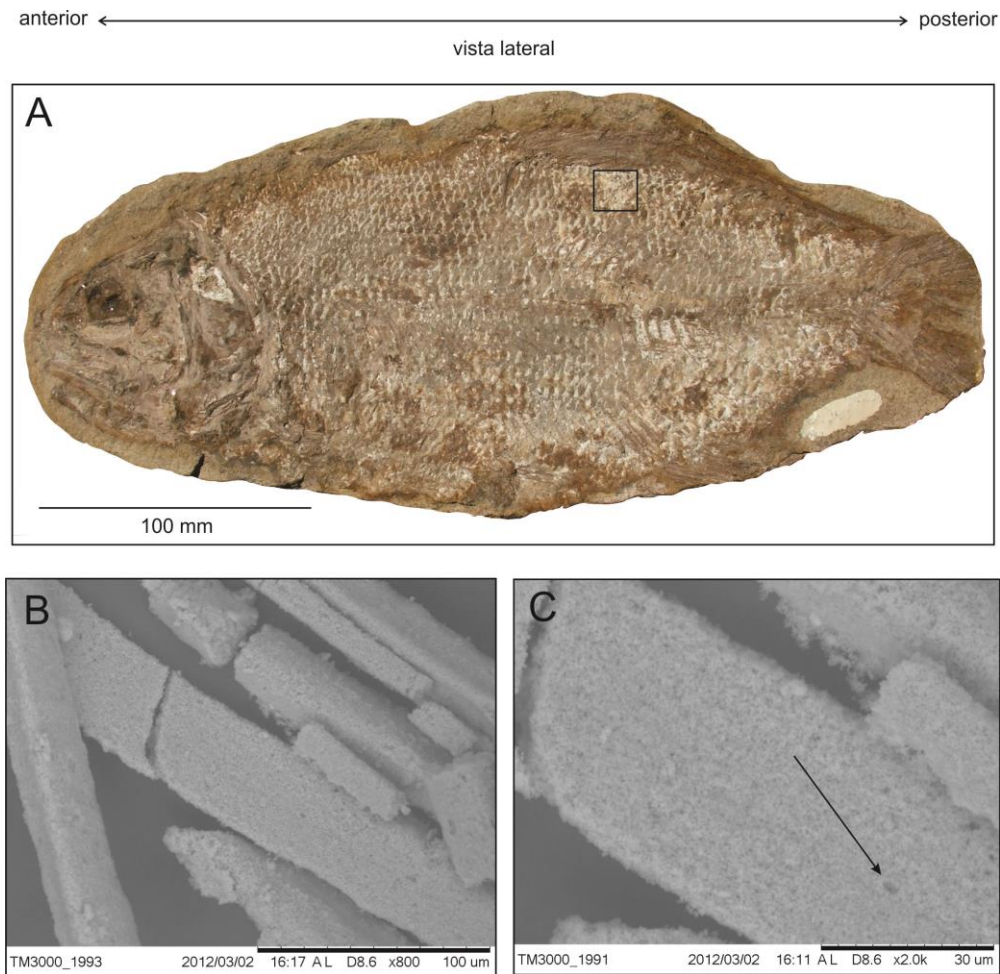


Figura 19. Espécime URC P • 279, *Brannerion latum*. **A:** espécime completo, o quadrado em preto indica o local no qual foi retirado o tecido não resistente; **B:** material não resistente identificado como fibras musculares; **C:** a seta indica o orifício que poderia ter abrigado uma organela (mitocôndria?). (Figura elaborada pela autora).

O material preservado em concreção calcária apresenta qualidade de preservação superior àquela de calcário laminado. Neste sentido, é possível concordar com Schultze (1989), no que diz respeito à presença de calcita como agregador de tecido. Ainda que seja importante a presença de microfábricas bacterianas, talvez o resultado de sua ação permaneça mais resistente em função da presença da calcita.

A distinção visual entre tecido não resistente e sedimento é bastante clara, pois usualmente os tecidos não resistentes apresentam uma cor esbranquiçada, distinta da gama de cores do sedimento das concreções calcárias (Figura 20 A, B e C). Este tecido não resistente

ocorre também usualmente entre as escamas (Figuras 20 B e 21 A e B) Pequenos organismos, como vertebrados e moluscos, foram encontrados associados às concreções (Figura 22 A e B) utilizadas neste estudo, e serão discutidos oportunamente em outra seção.

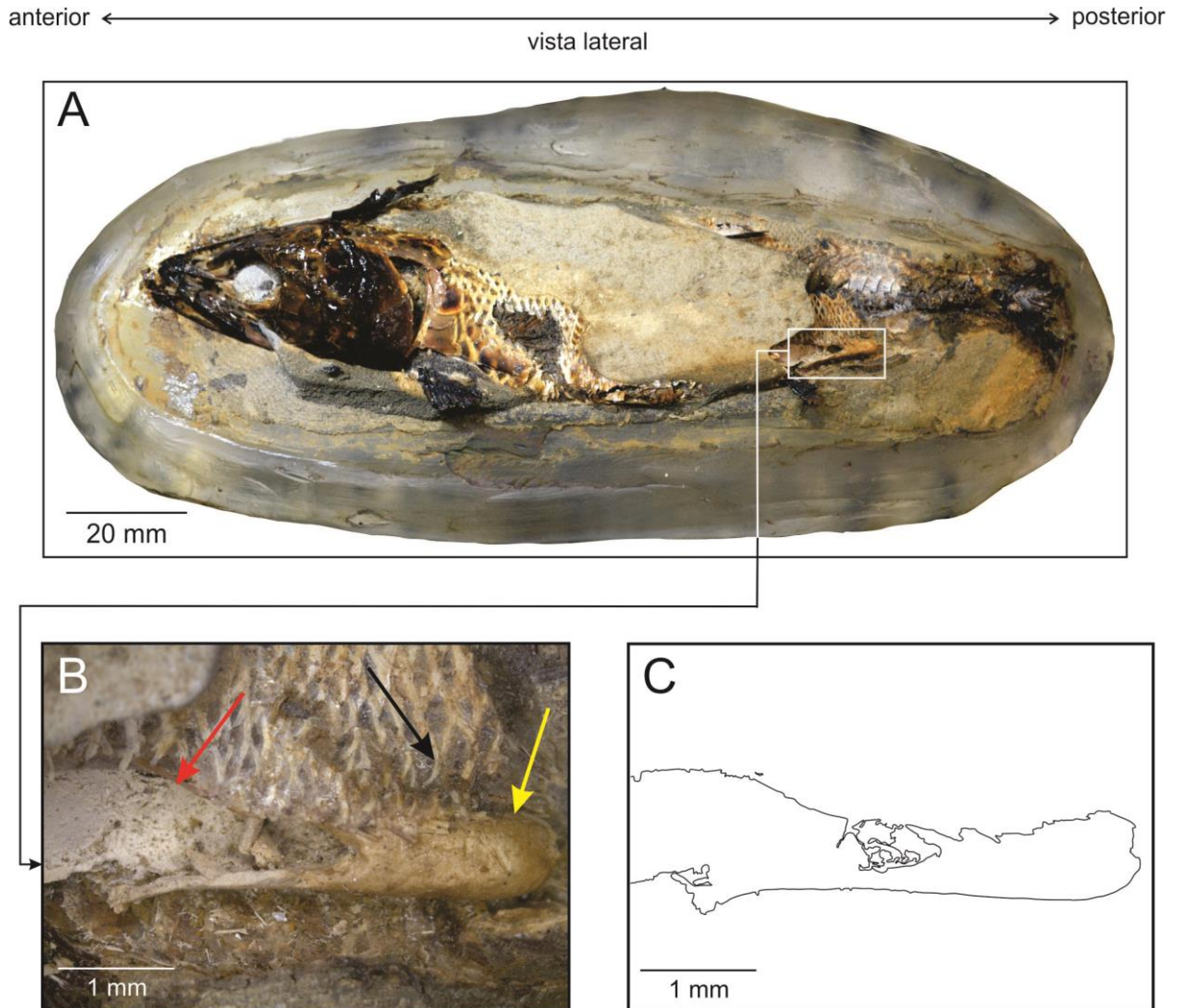


Figura 20. Espécime GP/2E 8096, *Rhacolepis buccalis*. **A:** espécime em base de resina, o retângulo indica o local de origem da ampliação. **B:** A seta vermelha indica o tecido não resistente, a seta preta indica uma das muitas linhas de tecido não resistente entre as escamas, e a seta amarela indica uma estrutura tridimensional de tecido não resistente, sua cor mais castanha em função da utilização de consolidante sobre a mesma. **C:** Esquema da maior estrutura de tecido não resistente, esta estrutura originalmente era contínua, e após imersões em solução ácida uma parte do tecido não resistente se perdeu. (Figura elaborada pela autora).

Além do tecido não resistente, foi realizada análise de uma porção óssea. No âmbito do material fossilizado nos ictiólitos foi observada em uma quantidade expressiva de exemplares, ossos que apresentam algo similar a uma “descamação”. Ocorre sobre os ossos cranianos uma fina camada, que é rígida, geralmente mais clara que a camada inferior, que eventualmente se desprende. Infelizmente nada foi encontrado sobre este fato na literatura pertinente. Deste modo retirou-se, do maxilar esquerdo de um *Rhacolepis* (URC P • 317)

(Figura 23), fragmento desta camada superior (“descamação”) para realizar análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

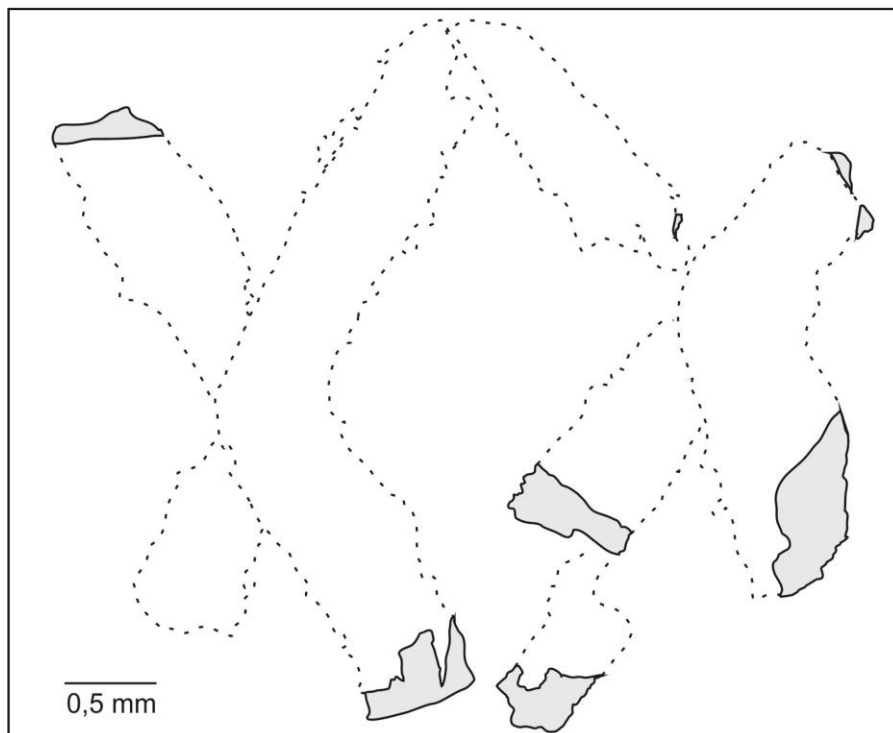


Figura 21. A: Espécime GP/2E 2167, *Rhacolepis buccalis*. As estruturas representadas são escamas, eventualmente uma sobreposta à outra. A linha tracejada indica que o tecido não resistente encontra-se sob a escama e a linha contínua preenchida em cinza indica que o tecido não resistente está sobre a escama. (Figura elaborada pela autora).

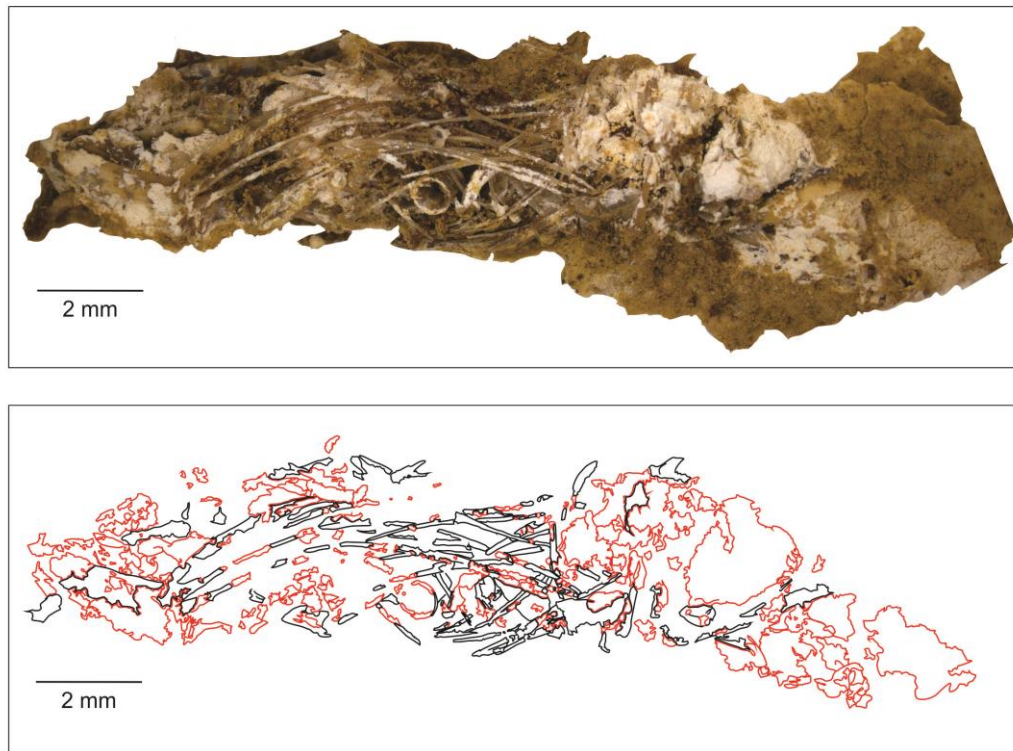


Figura 22. Pequeno peixe retirado de uma concreção (GP/2E 2973) que porta um peixe maior (*Notelops brama*). Frequentemente pequenos ossos de outros vertebrados estão associados ao maior fóssil da concreção. Quando há diversos ossos, geralmente estão imersos em tecido não resistente. O contorno vermelho representa o tecido não resistente e o contorno preto representa as estruturas ósseas. O que não apresenta contorno seria o sedimento; notar a coloração distinta. (Figura elaborada pela autora).

O fragmento retirado (Figura 24) do exemplar foi o menor possível, visando não destruir toda a camada superior que recobre o osso. Para retirar a camada superior utilizou-se estilete histológico, o que justifica a concavidade apresentada na porção inferior esquerda da amostra. Esta ainda continha um pouco de sedimento, a porção bege clara, acima do maxilar do exemplar ilustrado na Figura 23. Manipular este tipo de material, sem que haja contaminação pelo sedimento, parece inviável. Como resultado de análise estequiométrica ocorre abundância de cálcio, seguido por fósforo e oxigênio. A presença de ferro coincide com os locais onde havia sedimento (Figura 25).

Parece estar claro que a presença de Ferro concentra-se principalmente nos locais onde há sedimento, coincidentemente onde há menos distribuição de cálcio e fósforo. Deste modo, apenas com este resultado, não parece absurdo supor que a amostra, a porção que “descama”, é óssea. Entretanto não se encontraram justificativas para tal processo. Aparentemente os ossos pós-cranianos, com exceção dos espinhos hemais, não apresentam esta configuração em camadas, pois as vértebras observadas em *Notelops brama* e *Rhacolepis* sp. não sofrem este processo, bem como os elementos ósseos do aparato caudal ou da cintura escapular. Não é possível afirmar que a “descamação” ocorra somente nos ossos mais

próximos dos limites da concreção, visto que os espinhos hemais observados encontravam-se cobertos por sedimento e escamas.

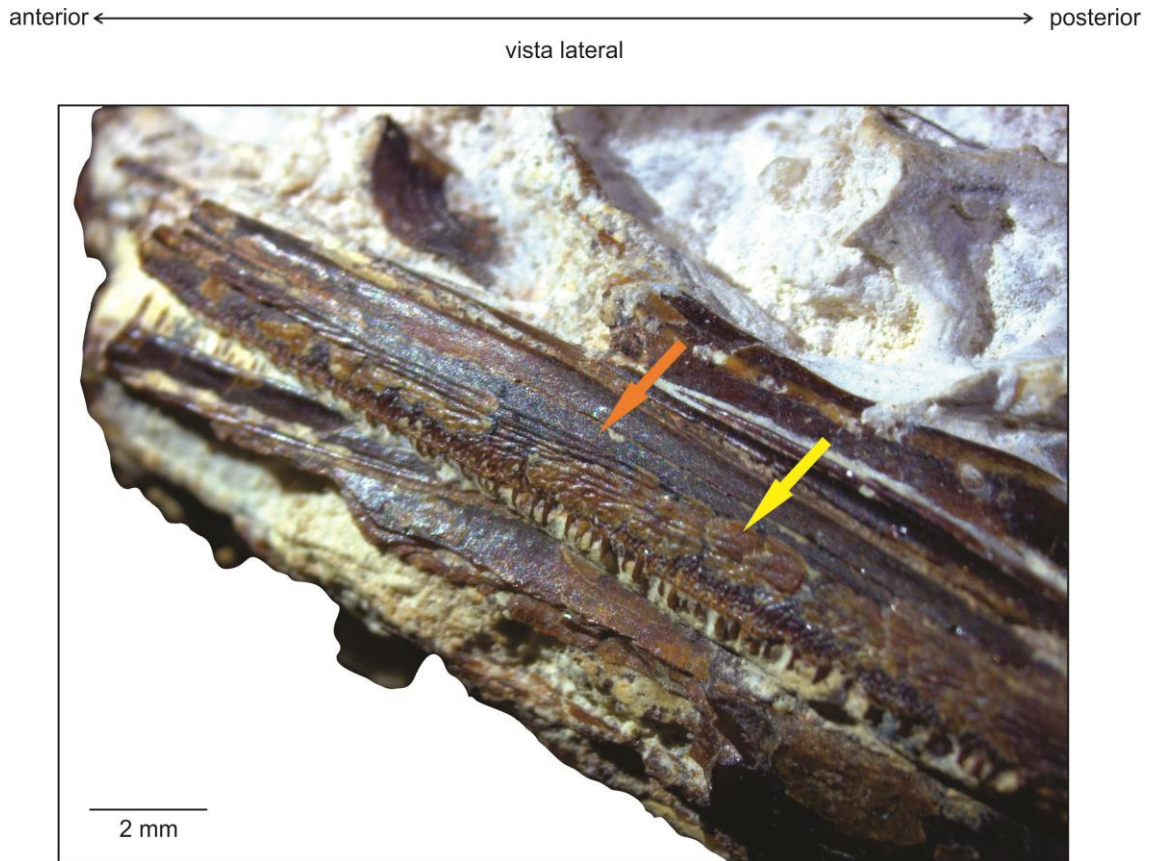


Figura 23. Espécime URC P • 317, *Rhacolepis buccalis*. As setas situam-se sobre o maxilar esquerdo do exemplar. A seta laranja representa a estrutura óssea e a seta amarela aponta a camada de “descamação” da qual foi retirada um fragmento para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). (Figura elaborada pela autora).

Assumindo que a embriologia de peixes recentes é equivalente àquela da fauna em estudo neste trabalho, a ossificação dos ossos cranianos seria intramembranosa (osso de membrana *sensu* DEBEER, 1937), portanto não haveria razão para que os elementos ósseos se desprendessem em camadas, uma vez que a fauna observada é composta por peixes adultos, com o crânio completamente formado.

Curiosamente em outros elementos ósseos, como o supratemporal de um dos espécimes observados (URC P • 322), as porções ósseas que “descamaram” levaram parte da comissura supratemporal. Este último fato reitera a aparente perda de camadas ósseas.

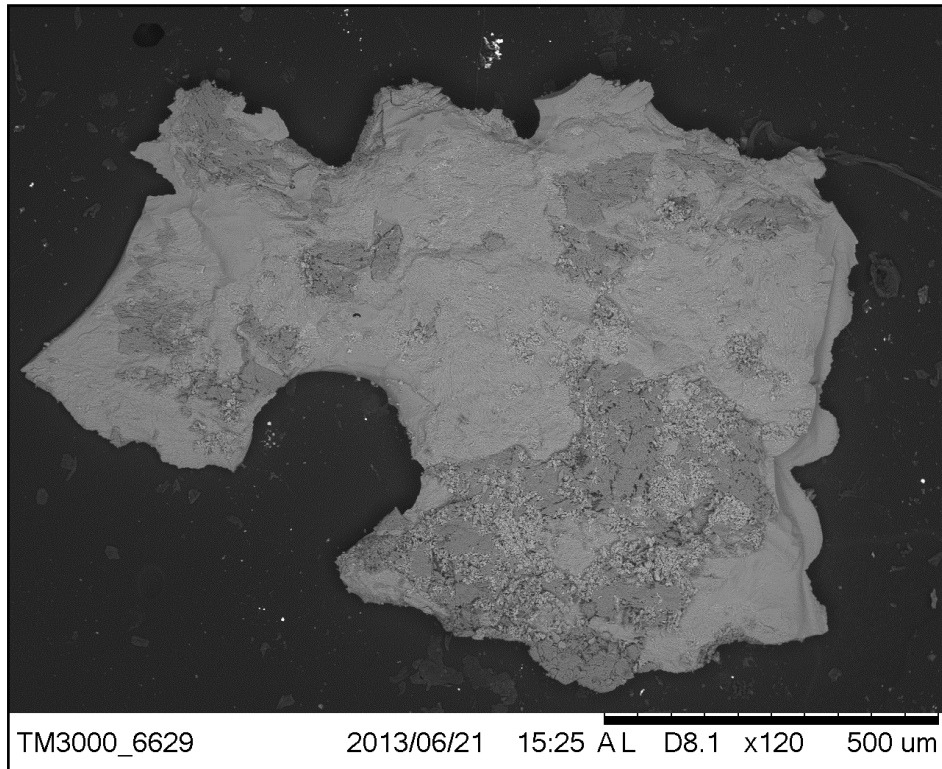


Figura 24. Fragmento resultante da “descamação” do maxilar do espécime URC P • 317, *Rhacolepis buccalis*. A concavidade presente na região inferior esquerda é resultante da ação da extremidade do estilete histológico. (Figura elaborada pela autora).

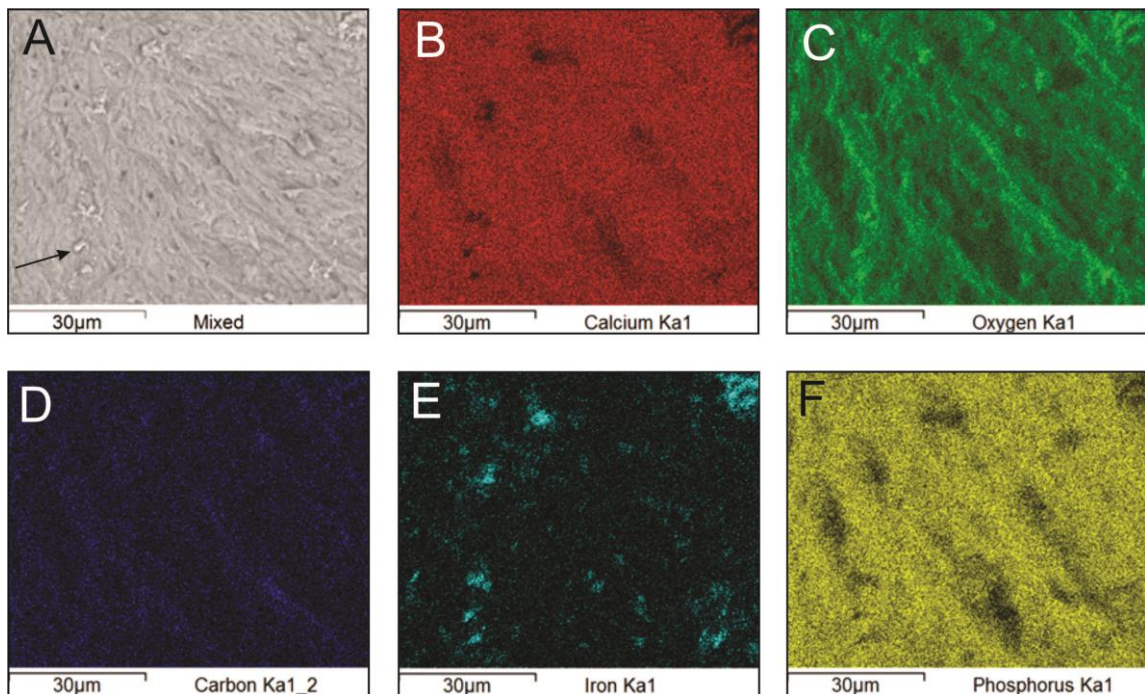


Figura 25. Mapa de distribuição de elementos. **A:** amostra inicial que foi encaminhada à microscopia eletrônica de varredura, a seta indica sedimento e existem mais pontos de sedimento na amostra; **B:** distribuição de cálcio na amostra; **C:** distribuição de oxigênio na amostra; **D:** distribuição de carbono na amostra; **E:** distribuição de ferro na amostra; **F:** distribuição de fósforo na amostra. (Figura elaborada pela autora).

7 SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA, DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DO MATERIAL ESTUDADO

Nesta seção os elementos ósseos dos peixes fósseis *Notelops brama* e *Rhacolepis buccalis* serão descritos. A descrição leva em conta os elementos que foram preservados pelo processo de fossilização e evidenciados após preparações. Desta maneira, se em nenhum dos espécimes utilizados neste trabalho houver alguma estrutura previamente mencionada pela literatura pertinente, ela não será abordada. Esta revisão é principalmente baseada nos trabalhos de Agassiz (1841), Woodward (1887), Dunkle (1940), Forey (1977) e Maisey (1991b, c). A identificação do material foi feita através de bibliografia.

Para facilitar a leitura, as abreviaturas utilizadas para cada estrutura estarão sob a figura pertinente, além de estarem discriminadas na seção 3, subseção 3.2. Algumas abreviaturas apresentam ponto de interrogação, o que indica dúvida quanto à correta identificação da estrutura. A tradução utilizada para a nomenclatura é de Castro & Castro (1987).

Nas subseções 7.5.13 e 7.10.11, denominadas ‘Comentários’, serão apontadas as estruturas presentes ou variações, no âmbito dos materiais preparados, para os gêneros *Notelops* e *Rhacolepis* respectivamente, que não foram previamente descritas na bibliografia pertinente; a subseção 7.11 trata sobre a dentição em ambos os gêneros e a seção 7.12 apresenta uma síntese dos resultados obtidos.

7.1 Sistemática Paleontológica: *Notelops brama*

Subordem Pachyrhizodontoidei Forey, 1977

Família Notelopidae Forey, 1977

Gênero *Notelops* Woodward, 1901

Espécie *Notelops brama* (Agassiz) Woodward, 1901

7.1.1 Diagnose da Subordem

Peixes teleosteos primitivos; fusiformes; maxilares amplos e fusiformes; frontais grandes; grande dermoetmoide; parietais pequenos; ramo parietal do canal sensorial supraorbital ausente; nasais curtos e tubulares; supraoccipital pequeno, com crista fracamente desenvolvida; grande supratemporal; fossa pós-temporal fechada; orbitosfenoide e basisfenoide presentes; côndilo occipital formado inteiramente pelo basioccipital; região

sacular do neurocrânio não inflada; paraesfenoide sem dentes ou processo basipterigoideo; forâmen para o canal buco-hipofiseal presente; hiomandibular com uma cabeça articulatória, verticalmente mantido; endopterigoide com muitos dentes pequenos; palatino sem processo maxilar; ceratiais anterior e posterior separados por uma estreita banda de cartilagem; numerosos raios branquiostégios presentes; pré-maxilar com pequeno processo dorsal; um ou dois dentes internos e uma única fileira marginal de dentes; maxilar longo e raso, com uma cabeça encaixada firmemente contra o pré-maxilar; um único supra-maxilar em forma de bastão; uma única fileira de dentes maxilares; ramo mandibular raso, com processo pós-articular bem desenvolvido; dentário e angular mostrando uma sobreposição reversa; grande supraorbital, encontrando também um grande dermesfenótico; ântero-orbital não separado; segundo e terceiro infraorbitais fusionados juntos; ramo posterior do canal sensorial infraorbital dentro do dermesfenótico; dois ossículos escleróticos; aparato opercular completo; mesocoracoide presente; nadadeira peitoral mantida abaixo do flanco; barra peitoral ausente; nadadeiras pélvicas abdominais; centro vertebral perfurado por canal da notocorda; arcos neurais fusionados com o centro vertebral, exceto na metade anterior da região abdominal; parapófises posteriores e arcos hemais fusionados com centro vertebral; epineurais fusionados com arcos neurais; costelas pleurais curvas; supraneurais atrás do occiput; nadadeiras dorsal e anal afiladas, sempre distintas da nadadeira caudal; nadadeira caudal furcada em 19 raios principais; paripurais fusionado para suportar o centro vertebral; metade do comprimento do espinho neural no segundo centro vertebral pré-ural; primeiro uroneural grande; segundo uroneural atingindo o primeiro centro vertebral ural; segundo centro vertebral ural pequeno; dois epurais; escamas cicloides, com espaços celulares ósseos; linha lateral completa.

7.1.2 Diagnose da Família

Peixes paquirrizodontídeos nos quais a caixa craniana é plana; comissura óssea etmoidal fechada; margem do frontal não escavada; parietais medianamente unidos; fossa subtemporal presente; intercalar grande e estendido anteriormente, formando uma ponte pró-ótica/intercalar; abertura do forâmen trigeminal em par jugular; miódomo fechado posteriormente; paraesfenoide raso, abaixo da região ótica; palatino longo e dentífero; ectopterigoide edentado; mandíbula com região angular separada em angular, articular e retroarticular; dentário com diversas fileiras de dentes; placa gular presente.

7.1.3 Diagnose do Gênero (emendada; FOREY, 1977)

Peixe notelópido no qual o dermoetmoide carrega projeções laterais; dilatador de fossa coberto; pterótico sem espinho posterior; exoccipitais encontrando-se acima e abaixo do forâmen magno; grande fenestra entre autesfenótico e pterótico; face lateral do pró-ótico sem crista acima do forâmen orbitonasal; ceratoial anterior fenestrado; quarto e quinto infraorbitais fusionados juntos; apenas infraorbitais posteriores alcançando o pré-opérculo; pré-opérculo relativamente pequeno; opérculo com margem ventral oblíqua; interopérculo curto e profundo; cleitro expandido sobre a inserção da nadadeira; origem da nadadeira pélvica abaixo da porção posterior da nadadeira dorsal; barra óssea pélvica presente; raios de nadadeiras caudais principais cruzando o hipural, apoiando-se em ângulo agudo; pequenas escamas, marcadas por círculos uniformemente espaçados ao redor do foco central; poucas escamas estendendo-se sobre a base da nadadeira caudal.

7.1.4 Diagnose da Espécie (emendada; FOREY, 1977)

Atinge 600 mm de comprimento total; as proporções (como porcentagem de comprimento padrão) são comprimento da cabeça 25, máxima profundidade do tronco 20-21, região pré-dorsal 46-49, região pré-pélvica 55-58, região pré-anal 78-80; contagem de raios de nadadeira = D. iv 11 ou 12, A. ii 6, P. 15-17, V. 12 ou 13; aproximadamente 60 vértebras pré-urais, das quais 19 ou 20 são caudais; pré-maxilar igual a 22% do comprimento do maxilar, com cerca de 18 dentes marginais; maxilar com cerca de 50 dentes; dentário com 3-4 fileiras de dentes, cada fileira contendo aproximadamente 60 dentes; canal sensorial do pré-opérculo com 3-5 ramos ventrais; diâmetro da órbita igual a 25% do comprimento da região cefálica; 90-100 escamas na linha lateral, 25-27 escamas na série anterior transversa à nadadeira dorsal, grande escama axilar acima da nadadeira peitoral.

7.2 Espécie-tipo

Rhacolepis brama Agassiz, 1833

7.3 Holótipo

The Natural History Museum, BMNH P 15490.

7.4 Localidade-tipo

Ceará, Chapada do Araripe, Formação Santana, localidade precisa desconhecida.

7.5 Descrição e comparação do material estudado

7.5.1 Caixa craniana

7.5.1.1 Frontal (figuras 26, 27, 28 e 34)

Os frontais constituem a maior extensão do teto craniano. Estão em contato pôsterolateralmente com pteróticos e posteriormente com parietais. As suturas entre as regiões anterior dos frontais, e a posterior do dermoetmoide, são efetivadas por pequenas extensões em forma de V deste último, restando entre dermoetmoide e frontais uma pequena fontanela (DUNKLE, 1940). Ventralmente um dos frontais apresenta pequena projeção visível, próxima da altura do orbitoesfenoide (Figura 27). A sutura entre os frontais torna-se mais visível na região mais anterior, possivelmente favorecida pela pré-existência da fontanela. Posteriormente a sutura é menos sinuosa, pôsteromedianamente torna-se mais sinuosa e anteriormente os limites foram perdidos.

Poucos poros são visíveis dorsalmente, um mais próximo da sutura e outro mais distante. Ventralmente dois poros são visíveis, um próximo à sutura com o autesfenótico e um menor nas proximidades do orbitoesfenoide. Os poros de abertura na região dorsal dos frontais seriam as saídas dos canais sensoriais supraorbitais (FOREY, 1977). Possivelmente os poros ventrais estariam em comunicação com aqueles da abertura dorsal, por conta principalmente de sua localização na estrutura em questão.

7.5.1.2 Parietal (Figura 26)

Os parietais possuem formato aproximadamente quadrangular, anteriormente suturados aos frontais, lateralmente aos pteróticos e posteriormente ao supraoccipital. Pôsterolateralmente há um pequeno ramo ósseo, possivelmente de um epiótico, em contato com um parietal. Os parietais possuem dimensões distintas nos espécimes em que podem ser vistos. O parietal esquerdo possui uma projeção pôsterolateral ao lado esquerdo, semelhante a um espinho, cuja área lateral parece não ter sofrido perdas significativas, evidenciando o que seria a área de contato com o pterótico. Aparentemente não há nenhum poro nos parietais.

7.5.1.3 Pterótico (figuras 28, 31, 34 e 62)

Os pteróticos dorsalmente constituem uma parte do teto craniano. Em vista dorsal estão ântero-lateralmente em contato com os frontais, medianamente em contato com os parietais e pôsterolateralmente com os epióticos. Em vista lateral, anteriormente está em contato com autesfenótico, ântero-ventralmente com pró-ótico e pôsterolateralmente com intercalar. A porção ventral lateral, acima da faceta do hiomandibular, apresenta um poro.

anterior ← vista dorsal oblíqua → posterior

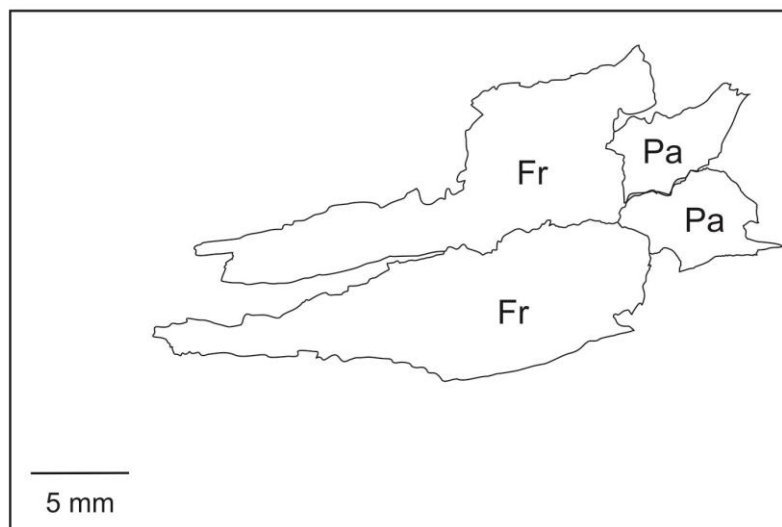


Figura 26. Espécime GP/2E 1642. Teto craniano. **Fr**: frontal; **Pa**: parietal. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.4 Epiótico (Figura 29)

Os epióticos dorsolateralmente constituem uma parte da caixa craniana. Em vista dorsal, cada epiótico está em sua porção lateral externa em contato com o pterótico, e em sua porção lateral interna em contato com o supraoccipital. Em vista posterior o epiótico possui uma porção látero-ventral externa em contato com o intercalar, a maior parte ventral da estrutura em contato com o exoccipital, e uma porção lateral interna em contato com o supraoccipital. Na face posterior externa do epiótico há uma projeção que suportaria um dos processos anteriores do supraescapular (DUNKLE, 1940). O epiótico forma uma abertura entre seus ramos dorsal, lateral e ventral: a fossa temporal lateral.

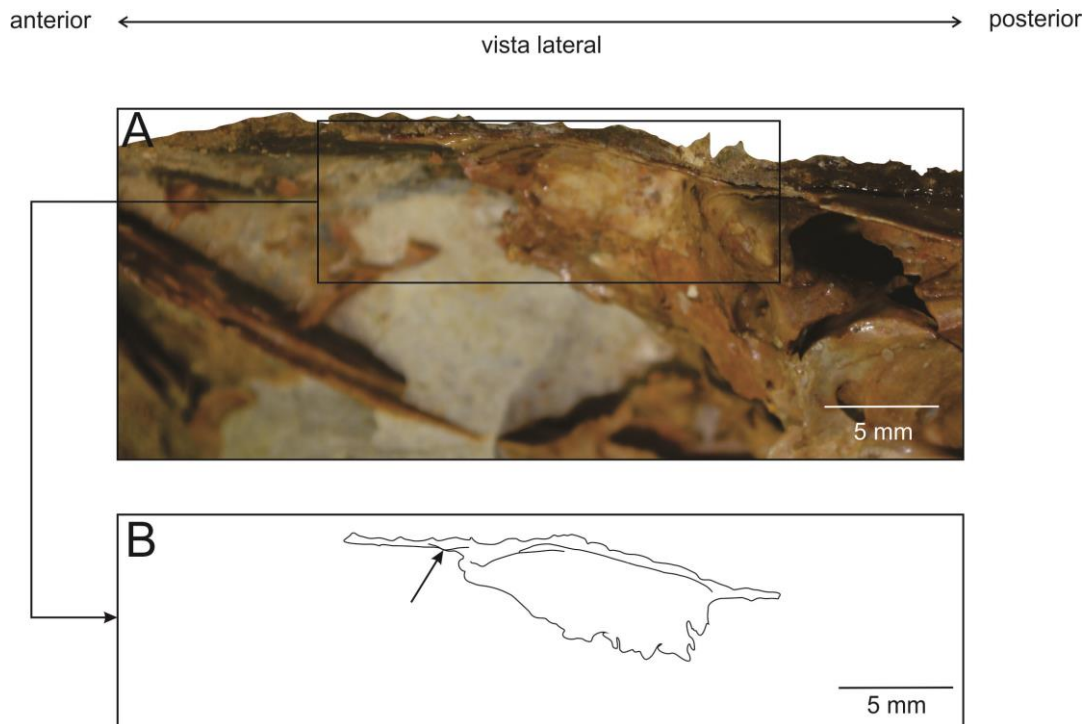


Figura 27. Espécime GP/2E 8098a. **A:** vista lateral parcial do frontal do espécime. **B:** esquema da vista lateral do frontal do espécime, a seta aponta para a projeção na altura do orbitosfenoide. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.5 Supraoccipital (Figura 29)

O supraoccipital é um elemento ímpar, dorsalmente apresentando linha de sutura anteriormente com os parietais, lateralmente com os epióticos e ventralmente com os exoccipitais. A observação no material preparado é possível apenas ventralmente, sendo as suturas dorsais descritas por Dunkle (1940) e Forey (1977). As suturas com os epióticos são pouco sinuosas, e o supraoccipital está próximo aos exoccipitais, mas não suturado, possivelmente em função de corrosão pela solução. Nesta vista a estrutura possui o aspecto côncavo e uma crista em sua metade, posteriormente direcionada, entretanto a crista está quebrada. Há um poro visível entre a margem posterior dorsal esquerda da estrutura e a crista.

7.5.1.6 Exoccipital (figuras 28, 29, 30, 31 e 34)

Os exoccipitais, em vista posterior, possuem o formato aproximadamente arredondado. Possuem sutura pouco interdigitada entre si, superiormente suturados entre si, dorsolateralmente com os epióticos, lateralmente aos intercalares e ventralmente entre si novamente, de modo que se encontram acima e abaixo do forâmen magno (Figura 30). Em vista lateral os exoccipitais também são suturados ao basioccipital e aos pró-óticos. Em vista lateral os exoccipitais apresentam dois poros, o maior e mais posterior é o forâmen para o nervo vago, o menor e mais anterior é o forâmen glossofaríngeo (FOREY, 1977).

anterior ← → posterior
vista lateral

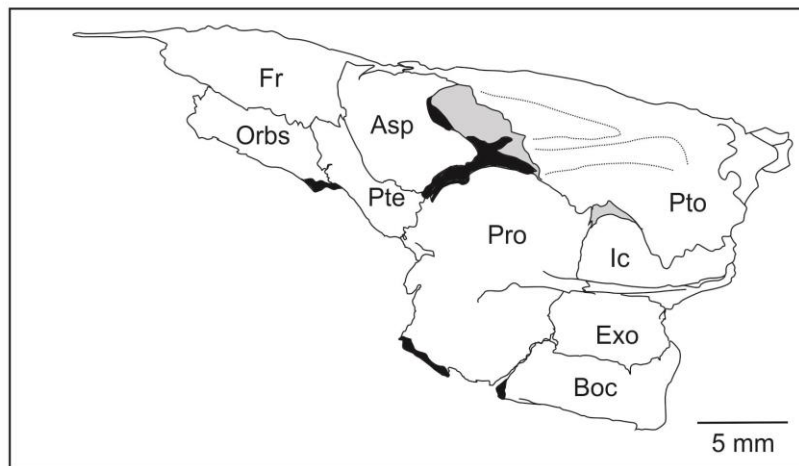


Figura 28. Espécime GP/2E 8098a. Elementos cranianos. **Asp:** autesenótico; **Boc:** basioccipital; **Exo:** exoccipital; **Fr:** frontal; **Ic:** intercalar; **Orbs:** orbitoesfenoide; **Pro:** pró-ótico; **Pte:** pteroesfenoide; **Pto:** pterótico. Preenchimento em cinza indica aberturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.7 Intercalar (figuras 28, 29, 31 e 34)

O intercalar é um elemento ósseo de formato irregular, em vista posterior sua morfologia assemelha-se a um semicírculo. Na mesma vista sua face interna está suturada com o exoccipital, e sua face externa com o epiótico, e é possível notar uma pequena projeção, inclinada sutilmente de forma lateral, em sua face mais externa, possivelmente a proeminência na qual o ramo inferior do pós-temporal se apoia (DUNKLE, 1940). Sua face lateral externa possui uma projeção que se encontra anteriormente com uma equivalente semelhante, originada no pró-ótico. A sutura entre as projeções laterais, de intercalar e pró-ótico, é aproximadamente paralela à sutura do exoccipital com o pró-ótico. Entre estas projeções há um orifício que parece ter sido formado, pelo menos em parte, pela quebra de uma parte da projeção do intercalar.

7.5.1.8 Basioccipital (figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 34)

É um elemento ímpar, sendo que em vista posterior possui o aspecto de uma vértebra e lateralmente o formato aproximado de um losango, com a parte posterior mais expandida. Possui suturas dorsal e lateral com os exoccipitais, anteriormente com os pró-óticos e ventralmente (Figura 32) com o paresfenoide. Parece haver um poro em sua porção pósterio-ventral. A porção superior desta estrutura, excetuando-se a extremidade posterior semelhante à vértebra, é contínua, sendo o seu contato superior com as porções posteriores dos pró-óticos em forma de V.

ventral ← → dorsal
vista oblíqua posterior

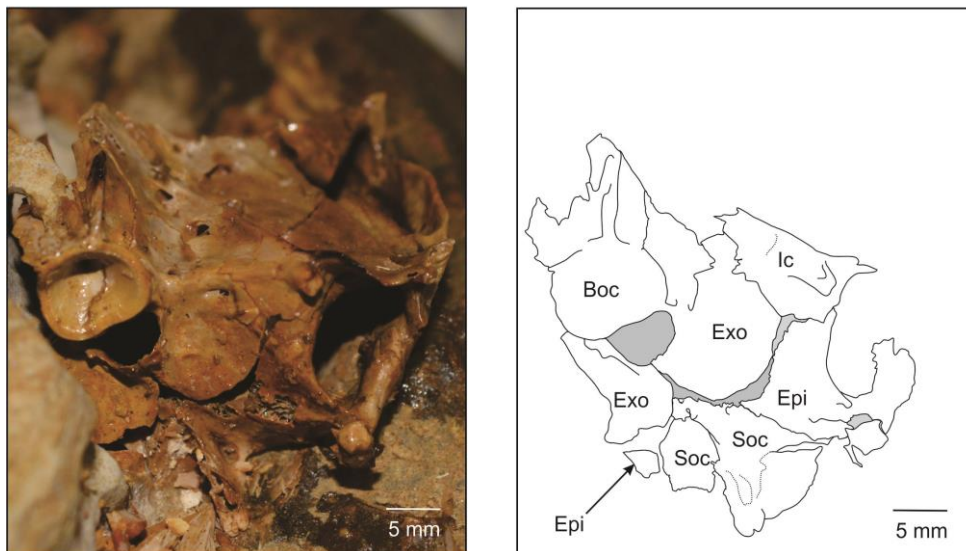


Figura 29. Espécime GP/2E 8098a. **Boc:** basioccipital; **Epi:** epiótico; **Exo:** exoccipital; **Ic:** intercalar; **Soc:** supraoccipital (fragmentado). Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).

ventral ← → dorsal
vista posterior oblíqua

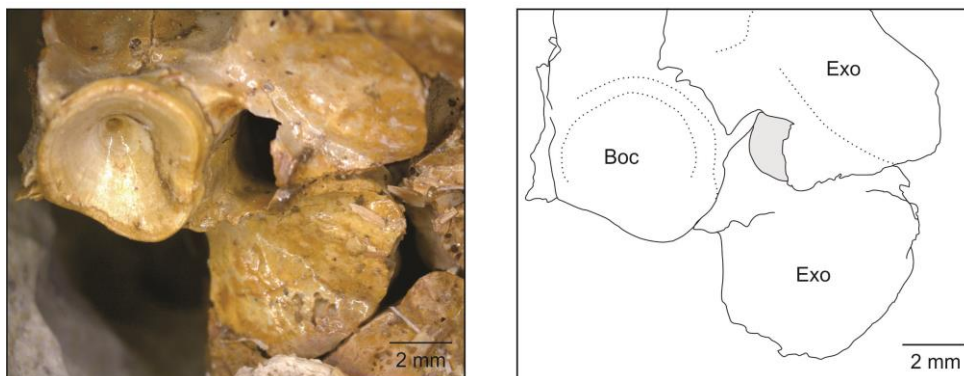


Figura 30. Espécime GP/2E 8098a. **Boc:** basioccipital; **Exo:** exoccipital. Preenchimento em cinza indica abertura. (Figura elaborada pela autora).

dorsal ← → ventral
vista oblíqua ventral

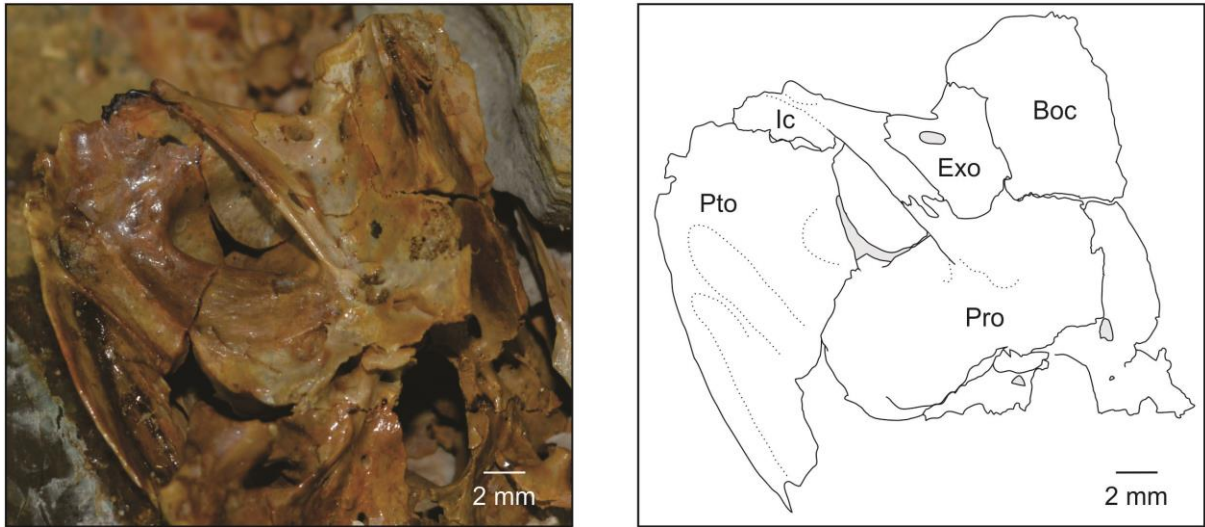


Figura 31. Espécime GP/2E 8098a. **Boc:** basioccipital; **Ic:** intercalar; **Exo:** exoccipital; **Pro:** pró-ótico; **Pto:** pterótico. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista ventral



Figura 32. Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada é o basioccipital. As linhas tracejadas representam a continuidade da estrutura, desfocada na imagem. A área hachurada representa a porção interna dorsal da estrutura. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.9 Pró-ótico (figuras 28, 31, 33 e 34)

O pró-ótico é a estrutura mais alta do neurocrânio, póstero-dorsalmente suturado ao pterótico, posteriormente ao exoccipital, póstero-ventralmente ao basioccipital, ventralmente ao paresfenoide e anteriormente ao pteroesfenoide. Seu contato com o intercalar ocorre mediante o encontro da porção anterior do processo deste com a parte posterior do processo do pró-ótico. O pró-ótico possui um grande forâm, localizado anteriormente na estrutura, forâm para o tronco VII do hiomandibular (FOREY, 1977).

posterior ← → anterior
vista ventral

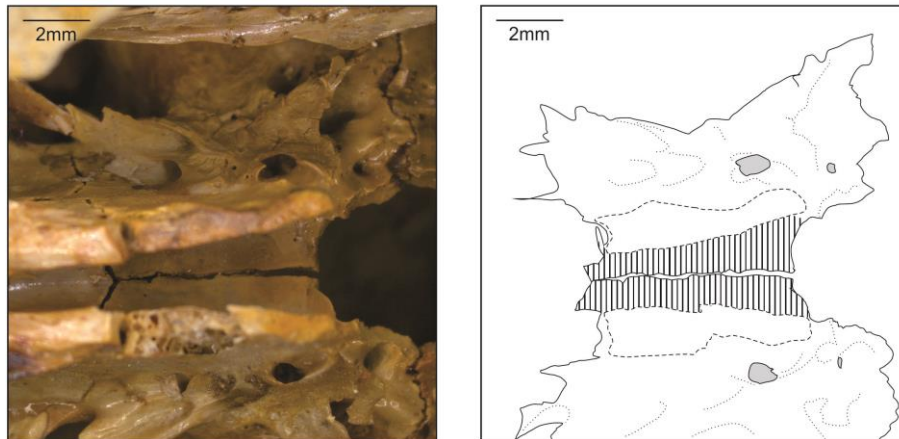


Figura 33. Espécime GP/2E 8098a. As estruturas esquematizadas são os pró-óticos. As linhas tracejadas representam o contato, desfocado na imagem, com o paresfenóide. A área hachurada representa a porção interna dorsal da estrutura. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral oblíqua

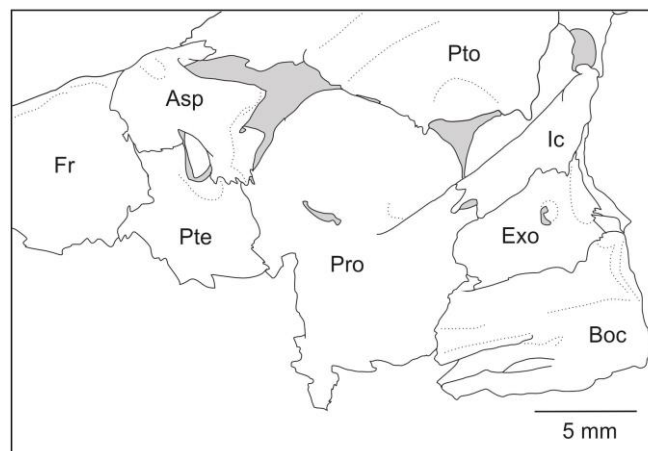


Figura 34. Espécime GP/2E 8098a. **Asp**: autesfenótico; **Boc**: basioccipital; **Exo**: exoccipital; **Fr**: frontal; **Ic**: intercalar; **Pro**: pró-ótico; **Pte**: pteroesfenóide; **Pto**: pterótico. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.10 Autesfenótico (figuras 28, 34 e 35)

O autesfenótico possui sutura ântero-dorsal com frontal e pósterodorsal com pterótico. O autesfenótico parece ter sua sutura anterior ventral com o pteroesfenoide, e sua borda ventral posterior parece ser pouco suturada a um prolongamento do pteroesfenoide. Existe uma grande área do ramo ventral posterior que se encontra livre, possivelmente deslocada de sua posição original, que seria suturada ao pró-ótico. Esta última fenda forma grande parte da parede interior da fossa lateral temporal (DUNKLE, 1940).

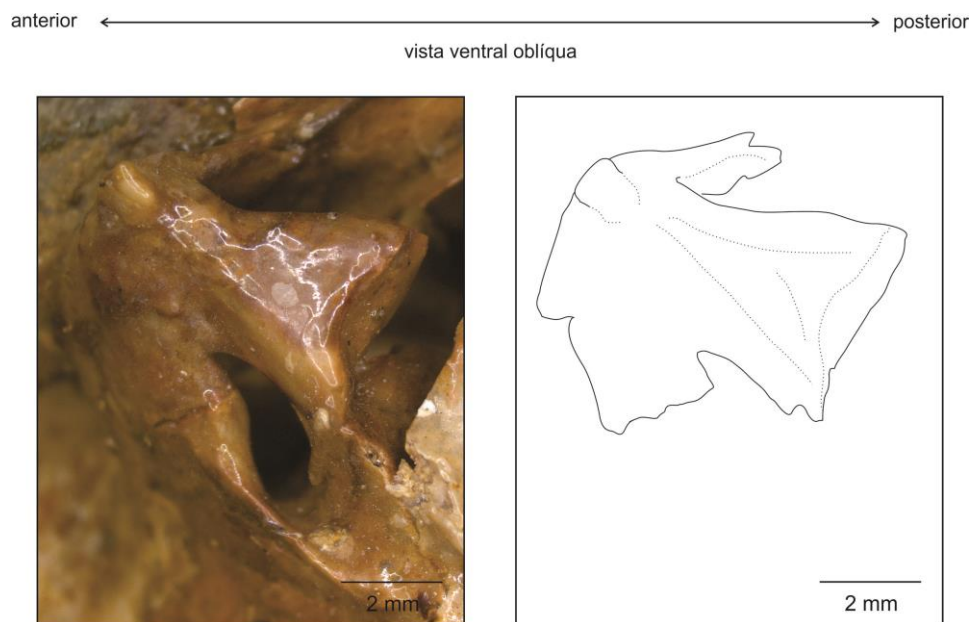


Figura 35. Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada é o autesfenótico. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.11 Pteroesfenoide (figuras 28, 34 e 36)

Os pteroesfenoides são estruturas passíveis de observação em vistas orbital ou ventral. Cada pteroesfenoide é suturado posteriormente com o pró-ótico, dorsoposteriormente ao autesfenótico, formando um anel entre estas duas estruturas, que ligaria a órbita à fossa pós-temporal (FOREY, 1977). Dorsoanteriormente é suturado com o frontal e ântero-ventralmente é suturado ao basisfenoide.

7.5.1.12 Orbitoesfenoide (figuras 28 e 36)

O orbitoesfenoide é uma estrutura ímpar. Em vista ventral possui morfologia semelhante a um retângulo, com uma quilha em seu centro a partir de onde, segundo Dunkle (1940), partiria uma delgada haste ventral, que se projetaria ântero-ventralmente à superfície dorsal do paresfenoide. Esta haste não foi observada no material preparado. Posteriormente é suturado aos pteroesfenoides e dorsolateralmente aos frontais.

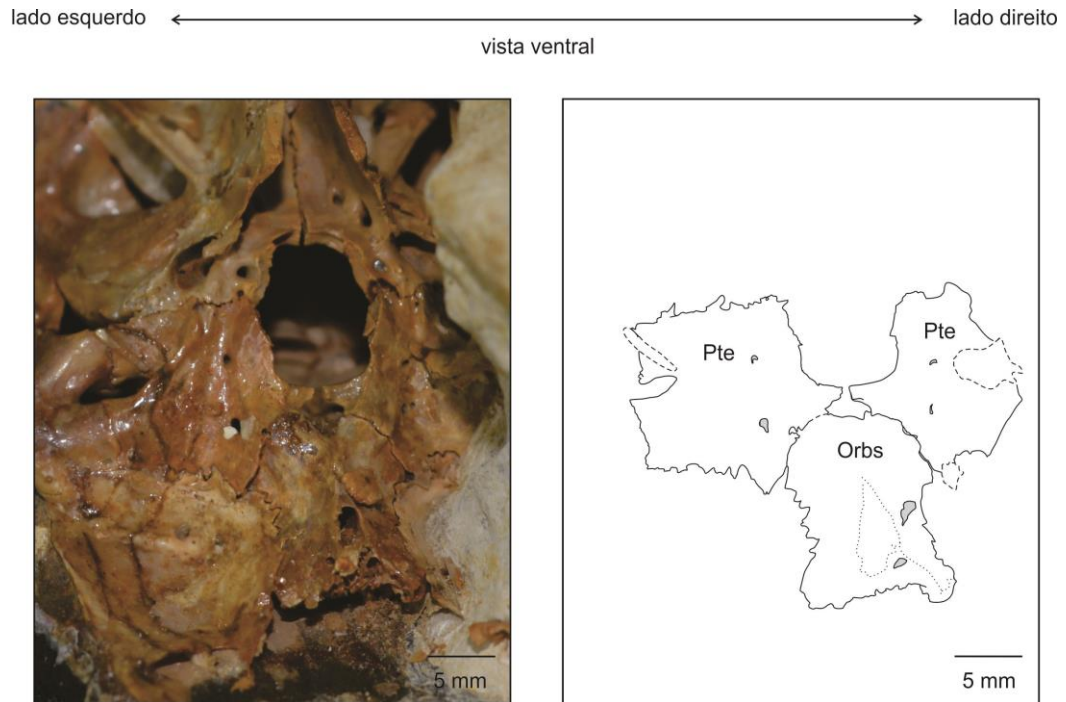


Figura 36. Espécime GP/2E 8098a. **Orbs**: orbitoesfenoide; **Pte**: pteroesfenoide. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.13 Dermoetmoide (Figura 37)

O dermoetmoide pode ser visto parcialmente em um dos espécimes preparado. Em vista lateral a estrutura é anteriormente alongada, possuindo uma projeção ventralmente direcionada. O dermoetmoide ântero-ventralmente está em contato com a região dorsal do vômer, e sua projeção em contato com o primeiro infraorbital. Nenhum forâmen foi observado.

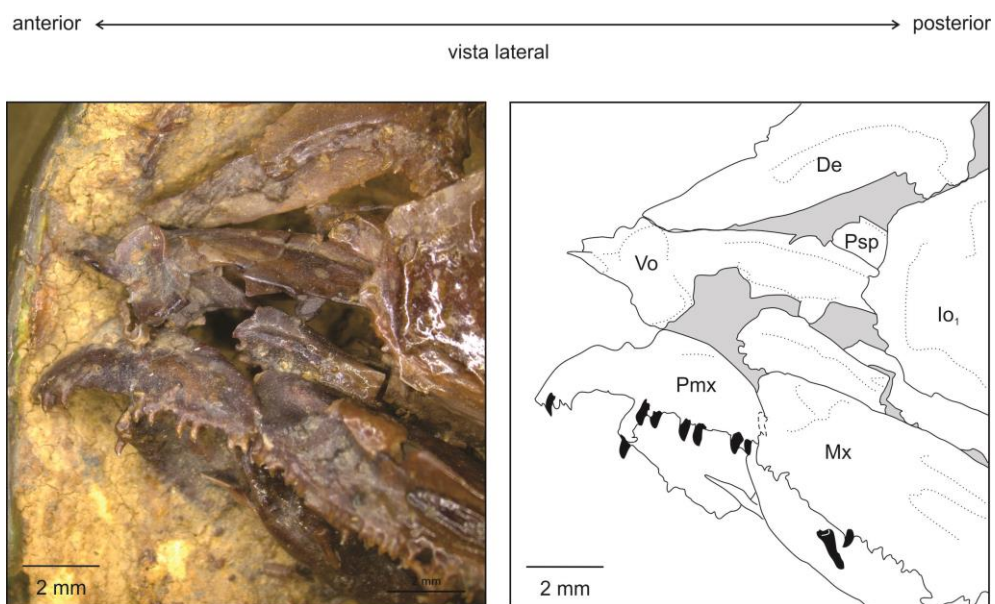


Figura 37. Espécime GP/2E 2993. **De**: dermoetmoide; **Io₁**: infraorbital 1; **Mx**: maxilar; **Pmx**: pré-maxilar; **Psp**: paresfenoide; **Vo**: vômer. As estruturas preenchidas em preto são dentes. Estruturas tracejadas representam incertezas quanto às suturas. Preenchimentos em cinza indicam aberturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.14 Vômer (figuras 37, 38, 39 e 40)

O vômer é uma estrutura ímpar, cujo corpo é expandido, no qual não foram observados dentes ou forâmens. Das porções distal para a proximal a estrutura torna-se alongada, e sua sutura dá-se látero-dorsalmente com o paresfenoide. Ventralmente a porção distal do vômer assemelha-se a duas abas, que vão se tornando mais estreitas quanto mais adjacentes da região proximal.

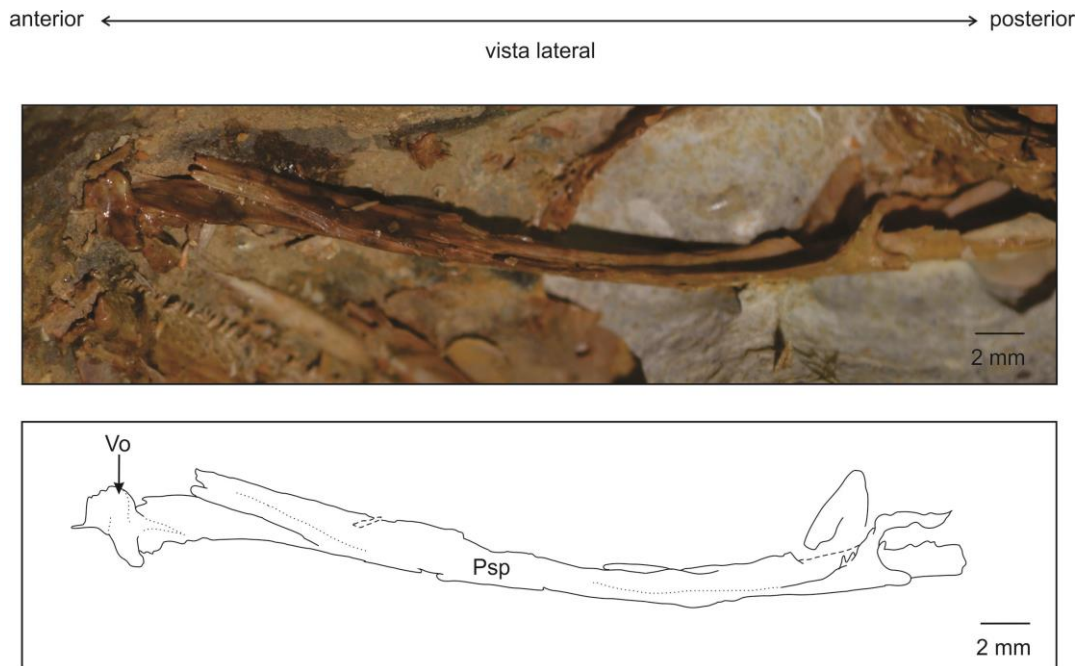


Figura 38. Espécime GP/2E 8098a. Observar a sutura do vômer com o paresfenoide. **Psp**: paresfenoide; **Vo**: vômer. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos ou incertezas quanto às suturas. (Figura elaborada pela autora).

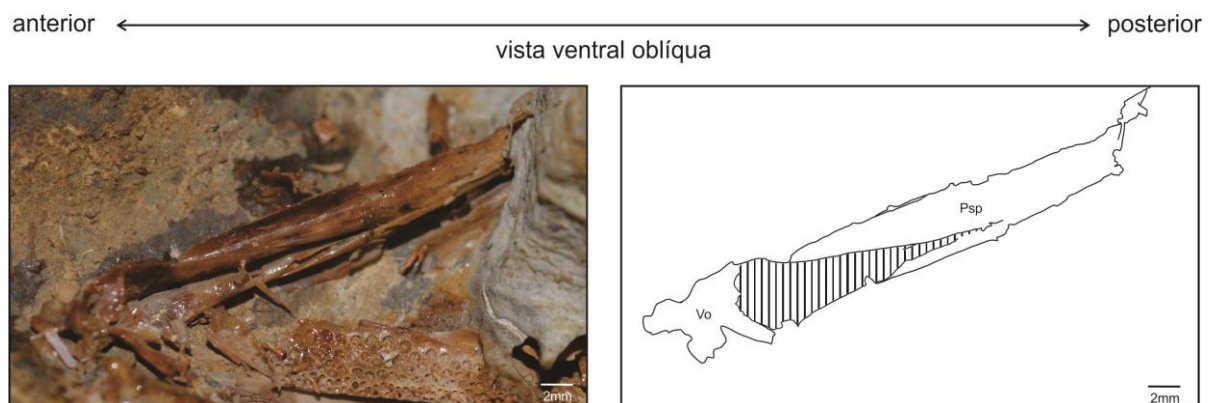


Figura 39. Espécime GP/2E 8098a. Observar as duas abas do vômer, que se tornam mais estreitas proximalmente, cuja área ventral está representada pelas hachuras. **Psp**: paresfenoide; **Vo**: vômer. (Figura elaborada pela autora).

dorsal ← → ventral
vista anterior

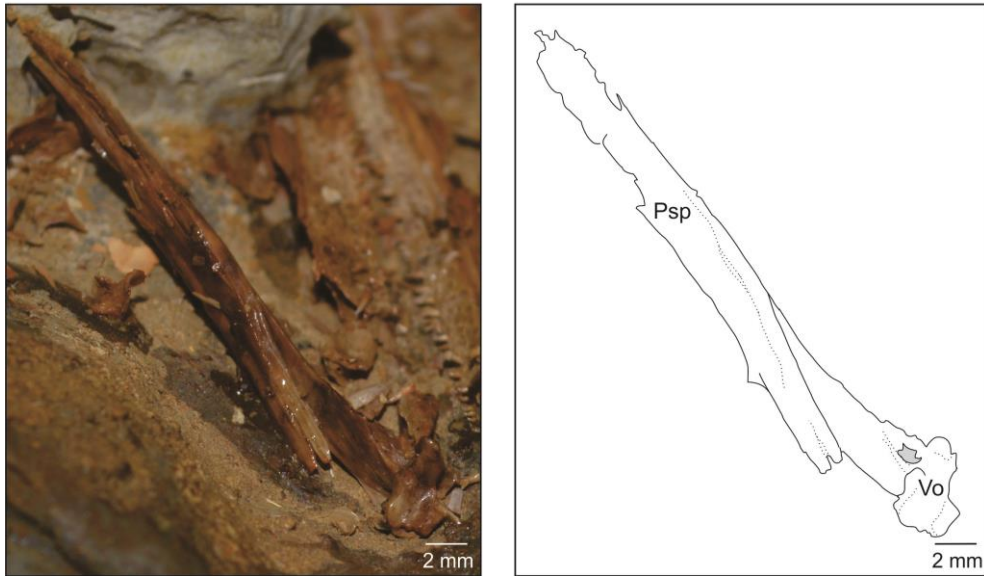


Figura 40. Espécime GP/2E 8098a. Observar a extremidade anterior do vômere, bastante expandido em relação ao restante da estrutura em contato com o paresfenoide. **Psp**: paresfenoide; **Vo**: vômere. Preenchimento em cinza indica abertura. (Figura elaborada pela autora).

7.5.1.15 Paresfenoide (figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 e 44)

O paresfenoide é a estrutura mais alongada da caixa craniana. Posteriormente o paresfenoide possui formato em V (Figura 42), suturado ao basioccipital. Em direção a região anterior há uma crista ventral e um maior espessamento da estrutura, onde é possível observar forâmen e borda externa (Figura 43) para a artéria carótida interna (DUNKLE, 1940).

anterior ← → posterior
vista oblíqua dorsal

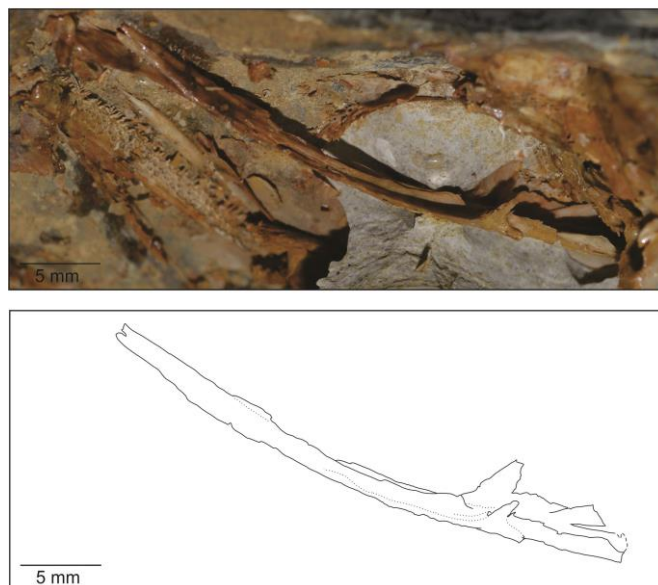


Figura 41. Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquetizada é a visão geral do paresfenoide. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às suturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista ventral oblíqua

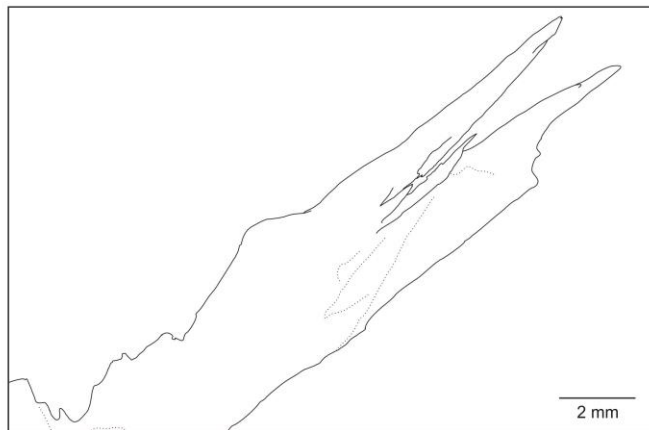


Figura 42. Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada mostra a região posterior do paresfenóide, exibindo seu formato em V. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista ventral oblíqua

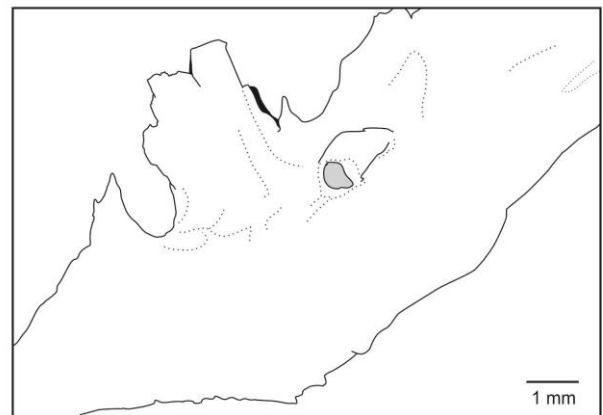


Figura 43. Espécime GP/2E 8098a. A estrutura esquematizada mostra a região mediana do paresfenóide, onde é possível observar o forâmen (preenchido em cinza) e a borda externa para a artéria carótida interna. (Figura elaborada pela autora).

Um pouco à frente, na direção anterior a este forâmen, o paresfenoide apresenta-se como uma estrutura bifurcada, o que parece ser um dano relativo ao processo de preparação química. Após a estrutura bifurcada, ainda em direção anterior, é possível observar o contato do paresfenoide com os ramos posteriores do vômer. A porção do paresfenoide que está deslocada porta dois dentes caniniformes (Figura 44 A e B). Estes dentes aparentam estar diretamente sobre o paresfenoide, sem a existência de orifícios (alvéolos) para sua inserção na estrutura.

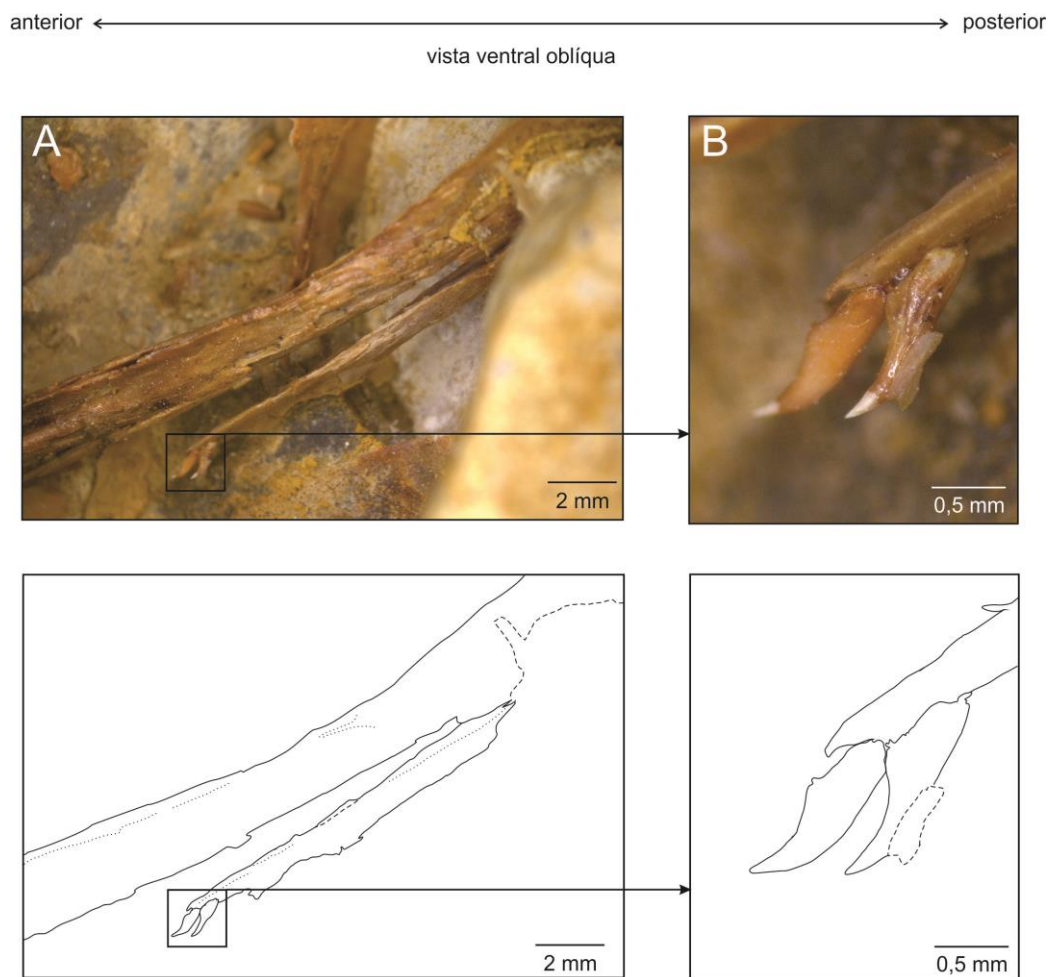


Figura 44. Espécime GP/2E 8098a. **A:** porção deslocada do paresfenoide. **B:** dentes presentes na porção deslocada do paresfenoide. Sob **A** e **B** encontram-se os respectivos esquemas. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos ou incertezas quanto às suturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.2 Série hiopalatina

7.5.2.1 Hiomandibular (Figura 45)

Cada hiomandibular é um elemento disposto verticalmente, sendo sua extremidade dorsal expandida anteriormente, mais robusta. Em direção à extremidade ventral, a estrutura

assemelha-se com uma haste, sendo sua face anterior ampla, onde estaria em contato com o metapterigoide, que não foi preservado em nenhum dos exemplares. Sua articulação dorsal dá-se com o sulco mais inferior do pterótico (Figura 28). Uma projeção póstero-dorsal é vista voltada para o processo opercular. Nenhum forâmen foi observado na estrutura.

7.5.2.2 Quadrado (Figura 45)

Os quadrados são estruturas de morfologia triangular, com um de seus vértices direcionados ventralmente. Seu processo direcionado ventralmente articula-se com a faceta para articulação do quadrado (FOREY, 1977), composta por angular e articular. Anteriormente seria suturado em sua porção superior ao ectopterigoide. Posteriormente há um entalhe na estrutura, local de inserção do simplético.

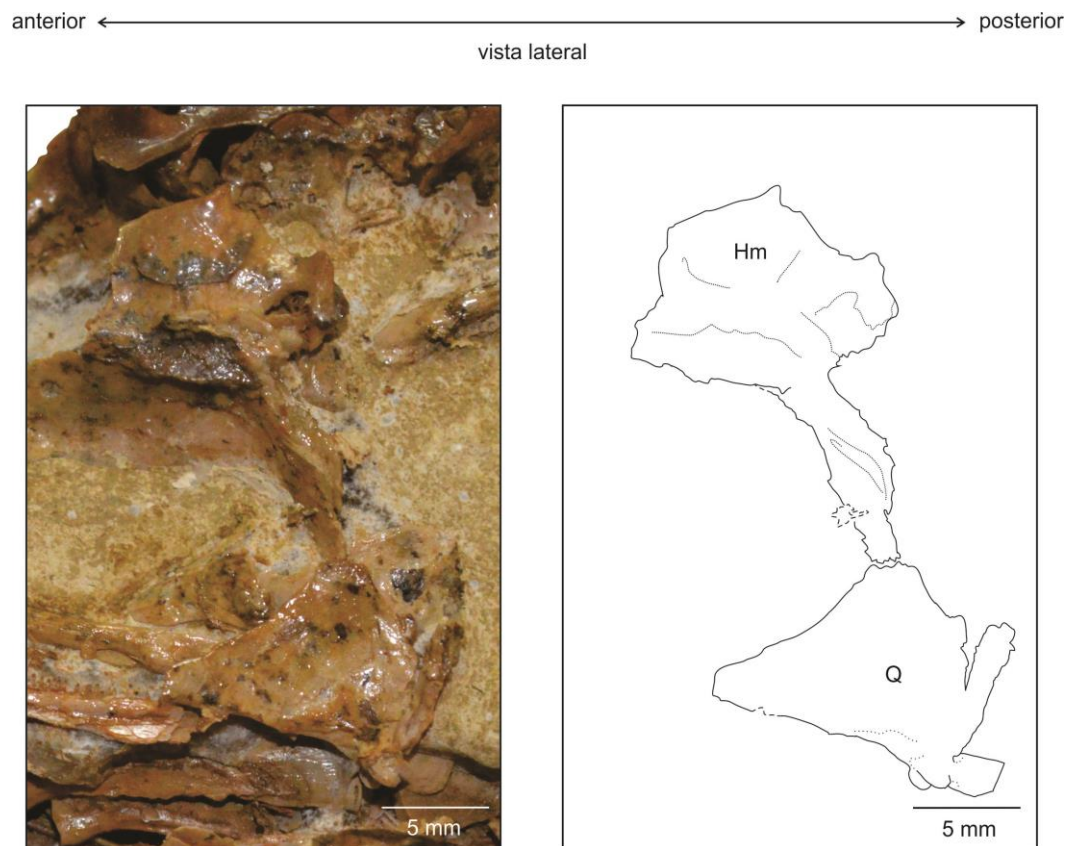


Figura 45. Espécime GP/2E 2990. **Hm:** hiomandibular; **Q:** quadrado. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).

7.5.2.3 Endopterigoide (figuras 46, 47 e 48)

O endopterigoide é uma estrutura mais alongada que alta, cuja borda dorsal é côncava. Sua região ântero-lateral está em contato com o palatino, a região mediana posterior em breve contato com o ectopterigoide, e sua porção posterior em contato com o

metapterigoide. A outra margem lateral do endopterigoide é livre, paralela à margem lateral do paresfenoide, e a estrutura encontra-se em plano quase horizontal (DUNKLE, 1940). O endopterigoide possui também uma ligeira curvatura entre suas faces laterais, e uma das faces, voltada ventralmente, possui pequenos orifícios cuja morfologia assemelha-se àquela que porta dentes. Estes pequenos orifícios parecem não estar inseridos diretamente na estrutura, mas sim em uma placa sobreposta a ela.

anterior ← → posterior
vista lateral

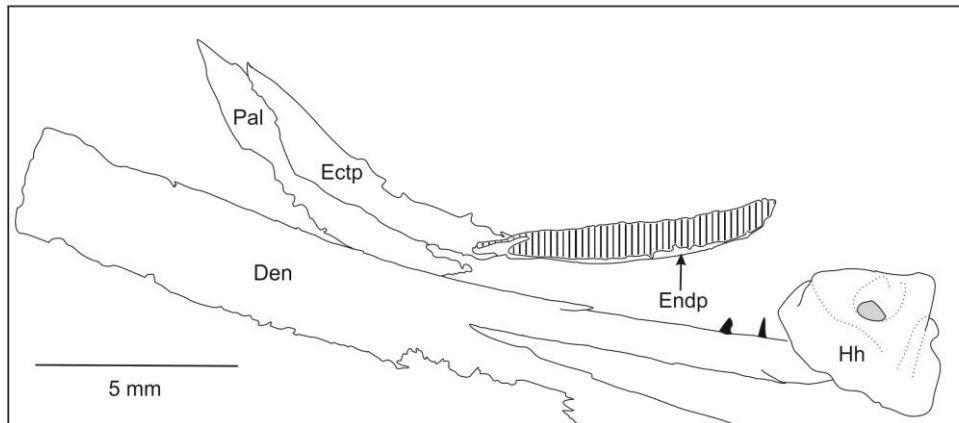


Figura 46. Espécime GP/2E 2993. **Den:** dentário; **Ectp:** ectopterygoide; **Endp:** endopterigoide; **Hh:** hipoial; **Pal:** palatino. As estruturas preenchidas em preto são dentes. A área hachurada representa a placa com pequenos orifícios. (Figura elaborada pela autora).

Em outro espécime (Figura 47) é possível observar o endopterigoide com as mesmas estruturas com pequenos orifícios, conferindo um aspecto rugoso para o conjunto, também parecendo estar sobre uma placa. Em um terceiro espécime o endopterigoide preservado (Figura 48 A), dissociado dos demais elementos hiopalatinos, permite a visualização da composição de placa com pequenos orifícios (Figura 48 B) sobre o endopterigoide, e um dente *in loco* (Figura 48 C).

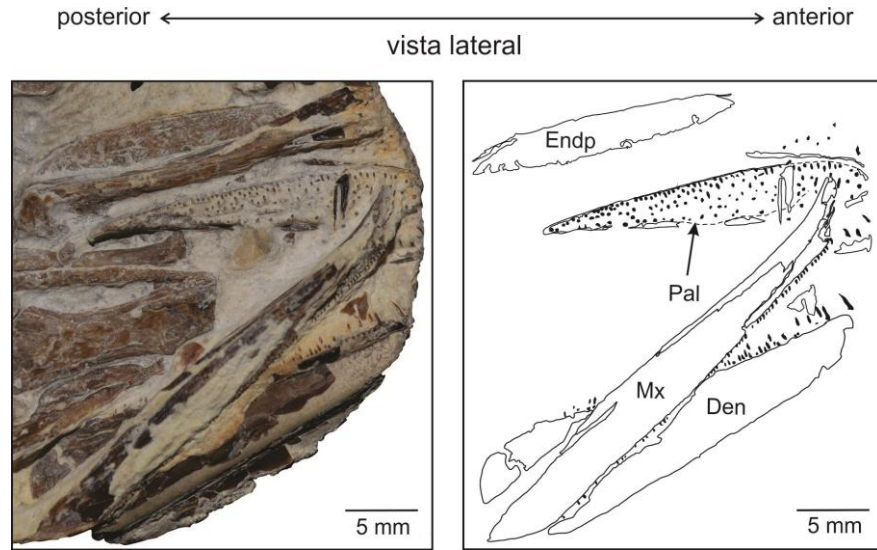


Figura 47. Espécime GP/2E 4389. **Den:** dentário; **Endp:** endopterygoide; **Mx:** maxilar; **Pal:** palatino. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. Notar na imagem o aspecto rugoso do endopterygoide e os dentes do palatino. (Figura elaborada pela autora).

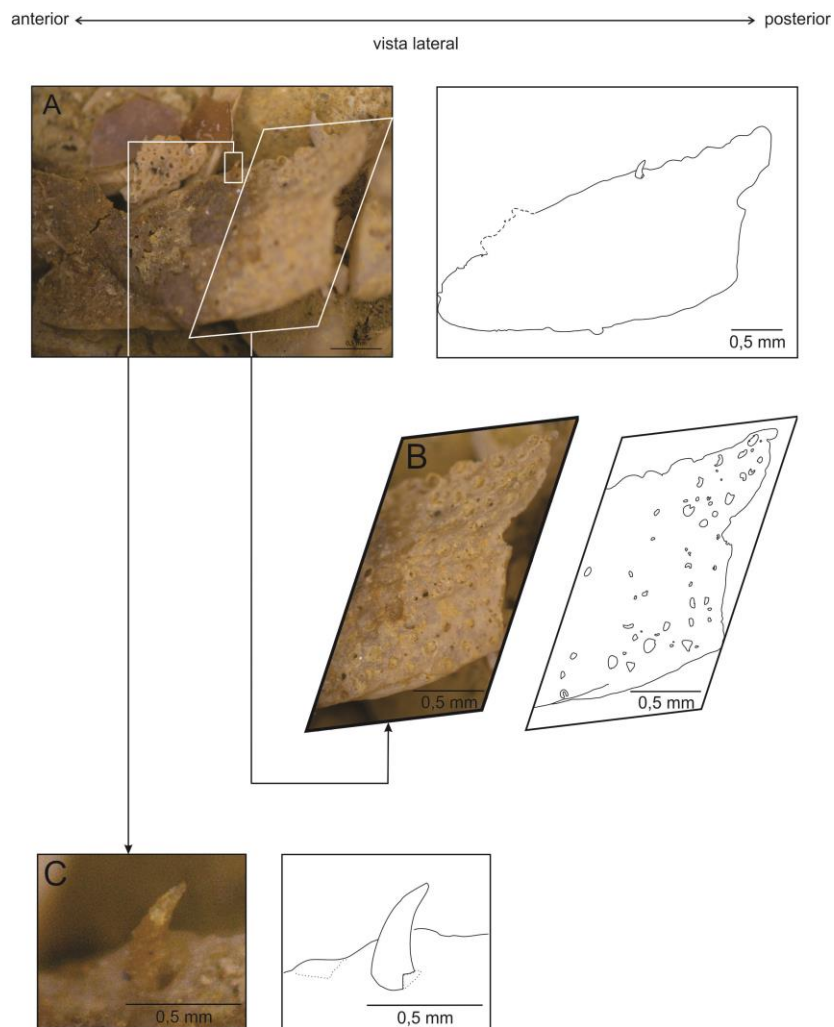


Figura 48. Espécime GP/2E 1642. **A:** endopterygoide preservado, dissociado dos demais elementos hiopalatinos; **B:** detalhe da placa com pequenos orifícios; **C:** dente *in loco*. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.2.4 Ectopterigoide (figuras 46 e 49 A e B)

O ectopterigoide assemelha-se a um bastão, levemente inclinado ventralmente em sua região posterior. Ântero-dorsalmente é suturado ao palatino, e pouco de sua região dorsal preservou-se, mas encontra o endopterigoide, e sua região ventral está conectada ao quadrado (DUNKLE, 1940; FOREY, 1977). Do material preparado, apenas fragmentos desta estrutura foram observados. Um dos fragmentos (Figura 46) está preservado, com sua porção anterior em contato com o palatino, e a região posterior contactando o endopterigoide. O ectopterigoide apresenta-se, em vista externa, como uma estrutura côncava. O outro fragmento (Figura 49 A) está bastante quebradiço, em contato com uma pequena porção do palatino. O ponto do ectopterigoide contactando o palatino parece ser ligeiramente achatado, não tubular.

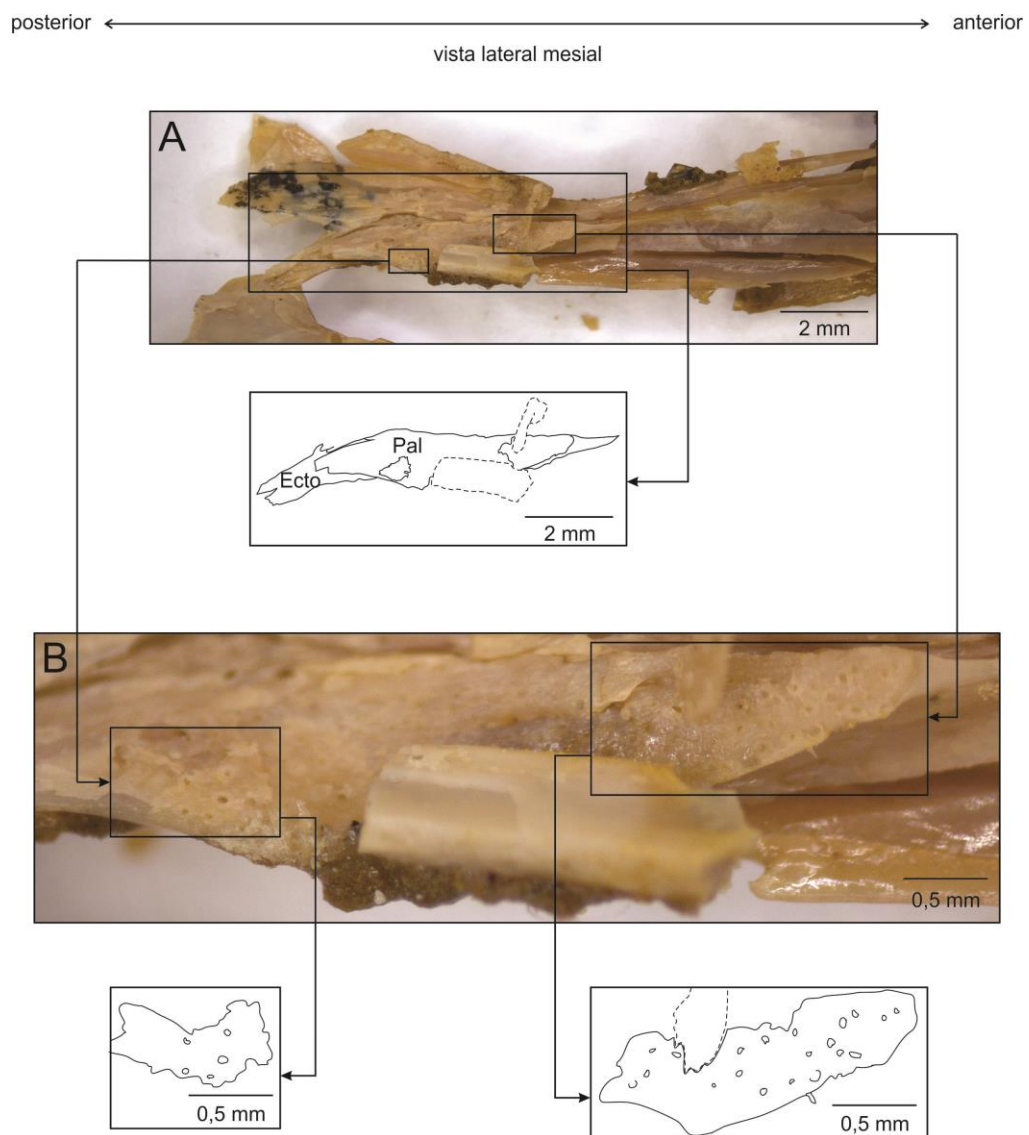


Figura 49. Espécime GP/2E 1642. **A:** imagens e esquemas de fragmento do ectopterigoide e do palatino preservados. Os retângulos são placas (semelhantes àquelas exibidas na Figura 46, Endp) com pequenos orifícios, que portariam dentes. **B:** ampliação e esquemas das placas e seus orifícios. **Ectp:** ectopterigoide; **Pal:** palatino. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).

7.5.2.5 Palatino (figuras 46, 47 e 49)

O palatino é um osso afunilado em suas extremidades, anteriormente conectado ao vômer, sua superfície ventrolateral suturada ao ectopterigoide, e a superfície lateral medial conectada ao endopterigoide (DUNKLE, 1940). Dois fragmentos do palatino foram preservados, e nenhum forâmen foi observado. Um dos fragmentos (Figura 46) representa a região anterior do palatino. Sua extremidade anterior assemelha-se a um V, com o vértice voltado anteriormente, e ao longo da estrutura parece ser ligeiramente sulcada, no ponto onde o ectopterigoide é inserido. O outro fragmento (Figura 49 A) é representado pela porção distal, e apresenta uma estrutura em forma de placa com pequenos orifícios, que portariam dentes (Figura 49 B). Esta placa possui orifícios de morfologia semelhante àqueles do endopterigoide. Um terceiro espécime (Figura 47) apresenta grande parte do palatino preservado, em vista ventral. A estrutura está coberta por sedimento, o que impede a verificação da inserção dos dentes na estrutura, se é direta ou há uma placa apresentando dentes. São 127 dentes, semelhantes àqueles do maxilar, mas de menores dimensões. A região posterior do palatino é afunilada, o que não pode ser verificado em sua região anterior, pois não está preservada em nenhum dos materiais examinados.

7.5.3 Ossos dérmicos maxilares

7.5.3.1 Pré-maxilar (figuras 37, 50 e 52)

O pré-maxilar lateralmente possui morfologia semicircular, e também um curto processo dorsal (FOREY, 1977), proximalmente localizado. A estrutura encontra-se deslocada, entretanto seria posteriormente suturada ao maxilar, e dorsalmente estaria em contato com o dermoetmoide. Lateralmente são visíveis oito dentes *in loco*, e dois dentes deslocados e fixados pelo consolidante (Figura 50). Ventralmente é visível a disposição dos dentes em uma única fileira, além de três alvéolos livres (Figura 51). Nenhum dente hipertrofiado foi observado.

7.5.3.2 Maxilar (figuras 37, 47, 50, 51, 52, 53, 54 e 62)

Os maxilares são estruturas alongadas e a região póstero-dorsal de cada um está suturada com o supramaxilar, assim como a extremidade anterior de cada um está suturada ao pré-maxilar. Seu comprimento dorsalmente está, grande parte, em contato com o infraorbital 1, e sua região mediana está em ligeiro contato com o infraorbital 2+3. Em um dos exemplares preparados, a extremidade anterior do maxilar apresenta um sulco, que

possivelmente seria o encaixe com a região interna, do pré-maxilar (Figura 50). Em outro exemplar (Figura 51) há parte da região anterior do maxilar, com uma ligeira inclinação voltada para cima, como figurado por Forey (1977, Figura 4), entretanto a extremidade está fragmentada, e o pré-maxilar não foi preservado. Um dos espécimes (Figura 52) evidencia um prolongamento dorsal do maxilar, em direção anterior. Supõe-se que seja estrutura de reforço para fixação ao pré-maxilar. Neste mesmo espécime, o maxilar preservado, em vista ventral (Figura 54), evidencia mais de uma fileira de dentes, e na maior largura da estrutura existem cinco fileiras.

anterior ← → posterior
vista lateral

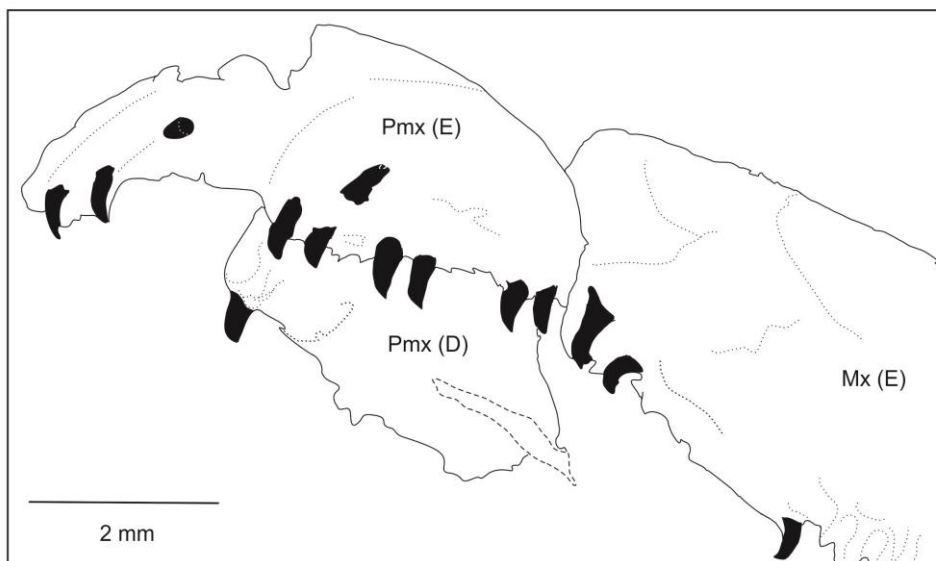


Figura 50. Espécime GP/2E 2993. **Mx (E)**: maxilar esquerdo; **Pmx (D)**: pré-maxilar direito; **Pmx (E)**: pré-maxilar esquerdo. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral

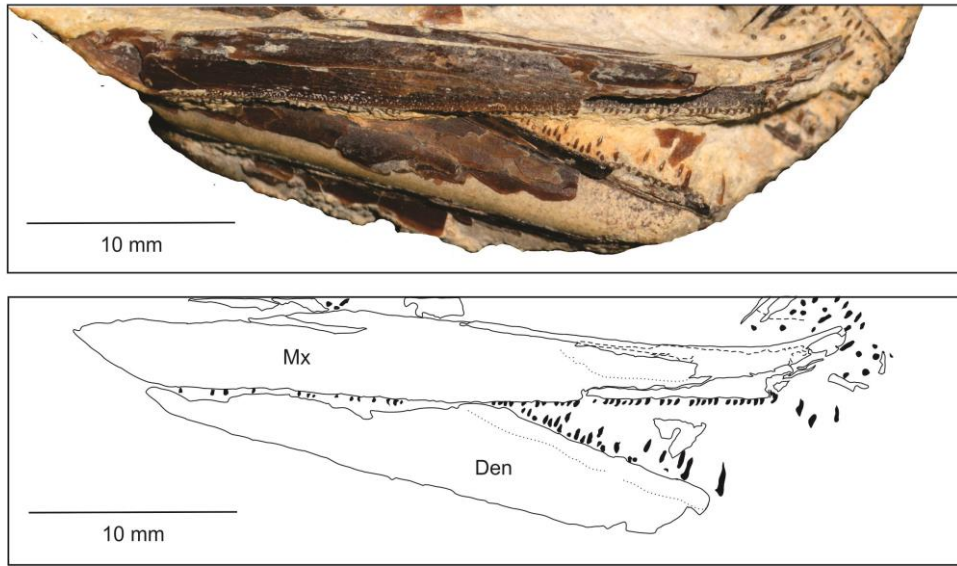


Figura 51. Espécime GP/2E 4389. **Den:** dentário; **Mx:** maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. A linha tracejada representa sedimento sobreposto à estrutura. Notar a inclinação da extremidade distal do maxilar. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista ventral oblíqua

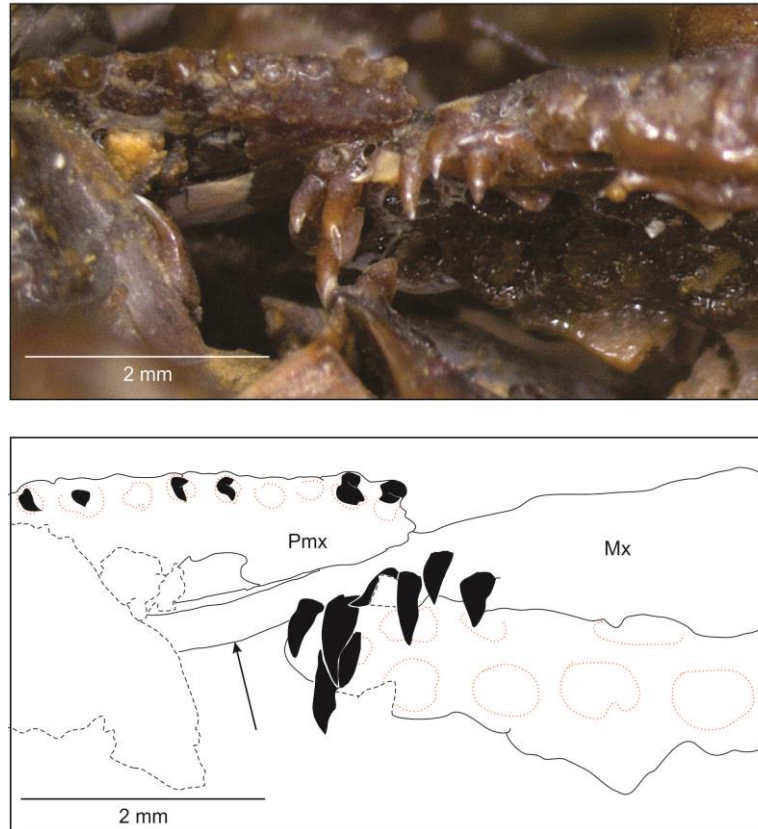


Figura 52. Espécime GP/2E 2993. **Mx:** maxilar; **Pmx:** pré-maxilar. A seta indica um prolongamento dorsal do maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fragmento sobreposto. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

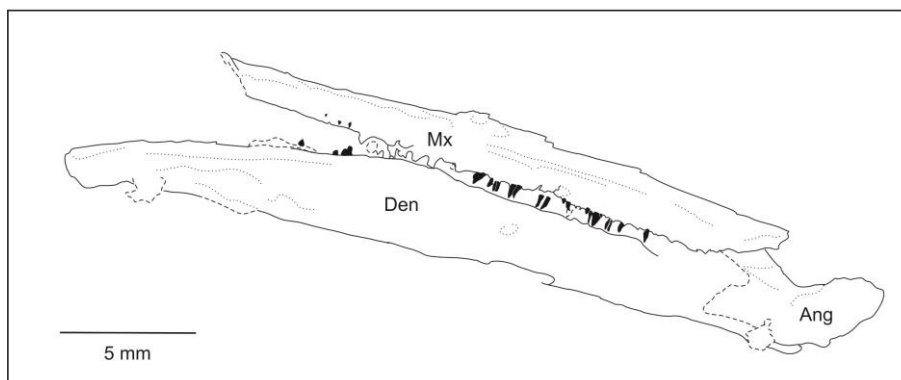


Figura 53. Espécime GP/2E 1642. **Ang:** angular; **Den:** dentário; **Mx:** maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista ventral

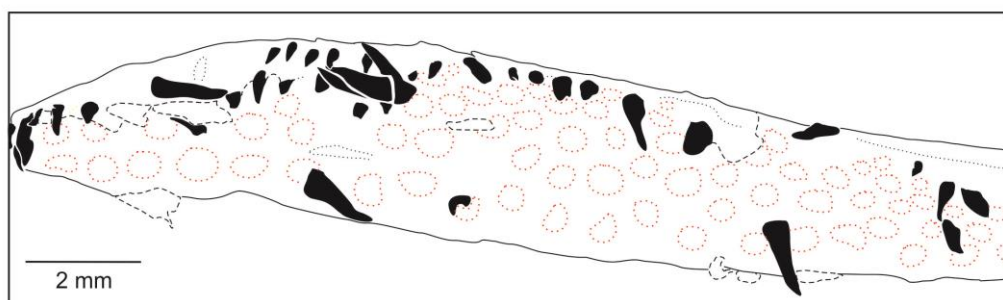


Figura 54. Espécime GP/2E 2993. A estrutura representada é o maxilar esquerdo. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).

7.5.4 Mandíbula

7.5.4.1 Dentário (figuras 46, 47, 51, 53, 55, 56, 57 e 62)

Em vista lateral, os dentários são estruturas robustas, proximalmente altas e se tornam mais rasas distalmente. Dorsalmente os dentários são estreitos e possuem até quatro fileiras de dentes, que por sua vez são pontiagudos, de morfologia equivalente àqueles do maxilar. Forey (1977) menciona a existência de um conjunto horizontal de plataformas, que portam os dentes. O que foi observado, em um dos materiais preparado, se assemelha à apenas uma plataforma (Figura 57), com os dentes inseridos na porção oclusiva do dentário.

Em vista lingual, o dentário possui bordas mais robustas em seu comprimento, com morfologia em V horizontalizado. Entre as bordas robustas há continuidade óssea ligeiramente côncava.

anterior ← → posterior
vista lateral

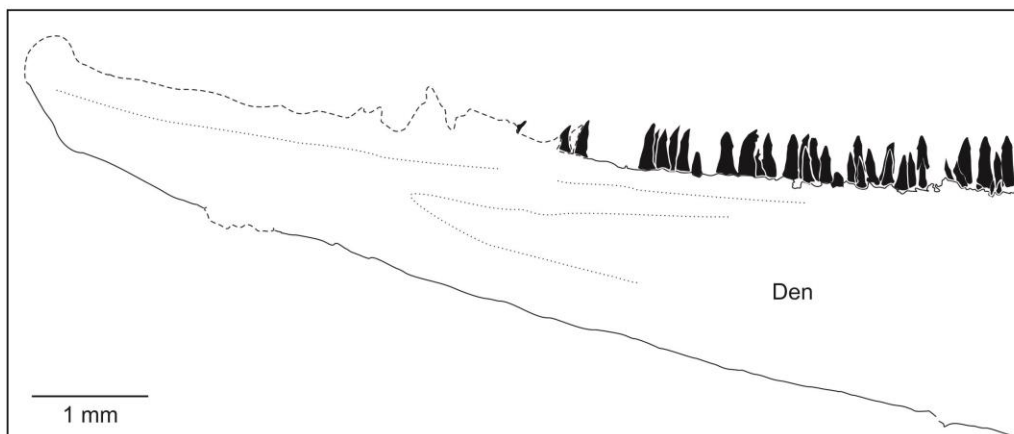


Figura 55. Espécime GP/2E 1642. **Den:** dentário. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← ————— → posterior
vista oclusiva

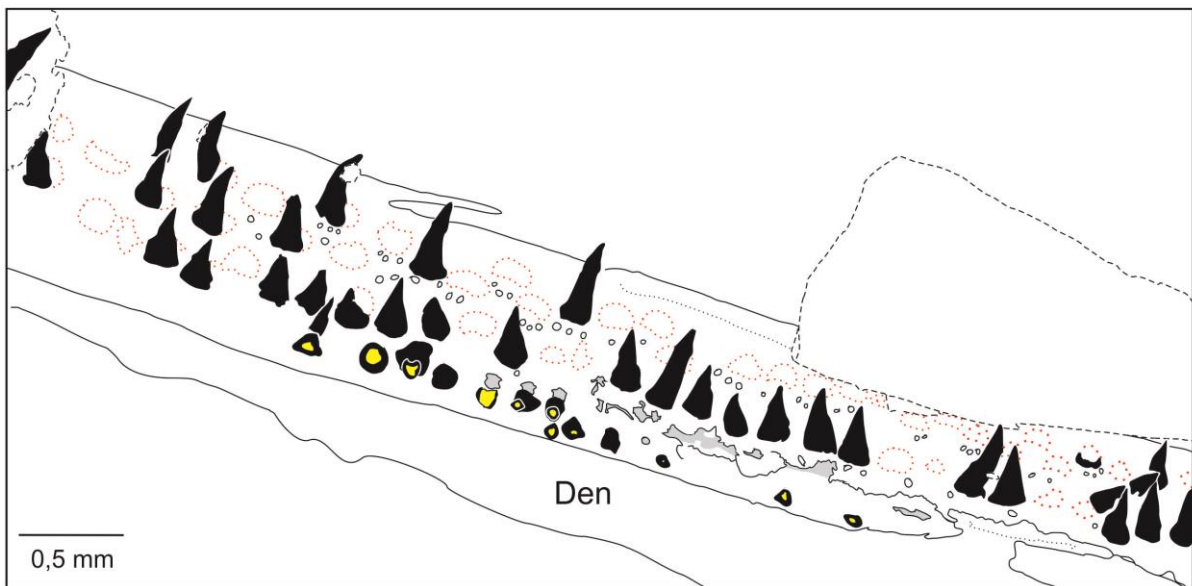


Figura 56. Espécime GP/2E 1642. **Den:** dentário. As estruturas preenchidas em preto são dentes, estruturas com preenchimento em preto e amarelo representam dentes fragmentados transversalmente e preenchimentos em cinza representam aberturas. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).

7.5.4.2 Angular (Figura 53)

Em vista labial o angular possui sua face anterior em contato com o dentário, sua face dorsal possui a faceta para a articulação do quadrado, e ventralmente está em contato com o retroarticular. Esta estrutura, no material preparado, se apresenta em contato com o dentário, que por sua vez possui uma quebra em sua região proximal, o que confere a impressão de maior extensão ao angular, em vista labial.

posterior ← → anterior
vista lingual

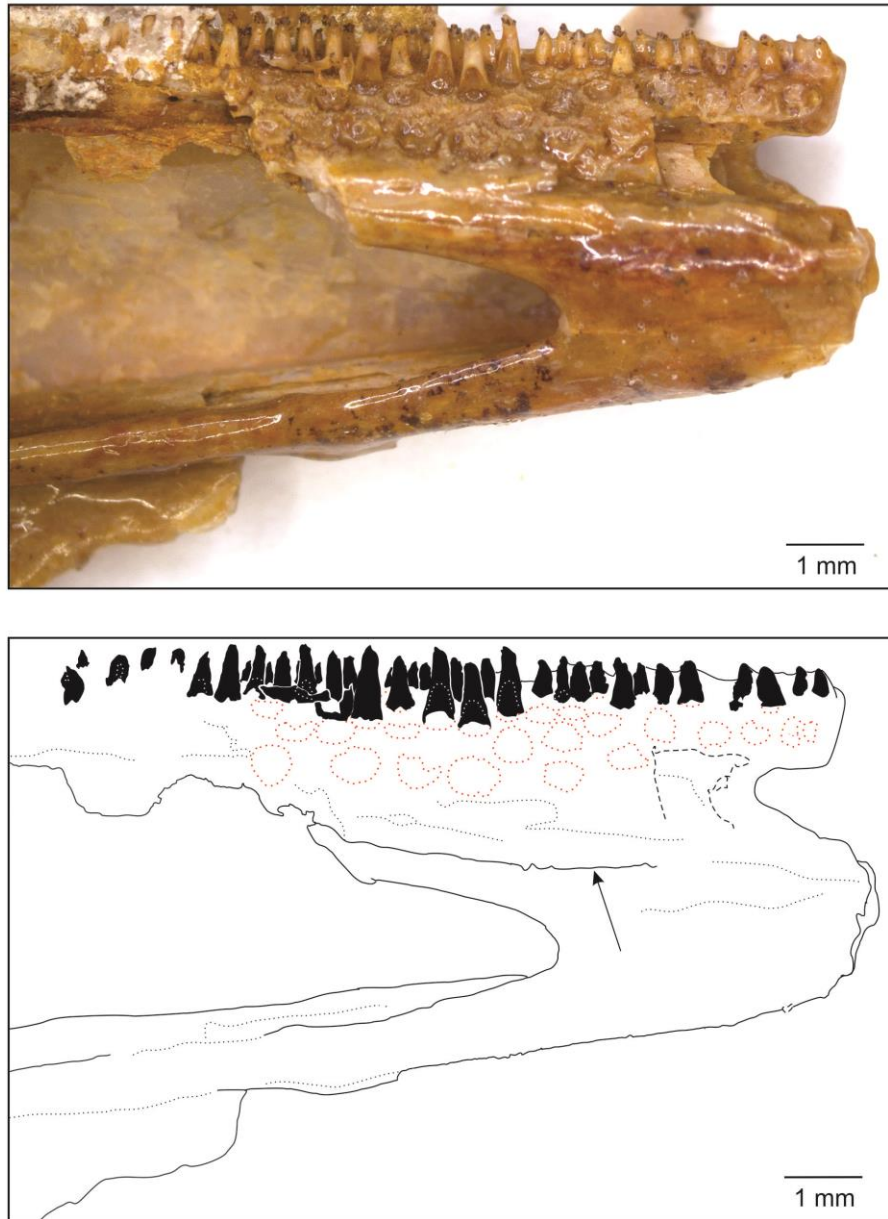


Figura 57. Espécime GP/2E 2990. A estrutura representada é a região anterior do dentário. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam fraturas. A seta indica a sutura entre o dentário e a plataforma, portando dentes. (Figura elaborada pela autora).

7.5.4.3 Dentição (figuras 37, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57)

Os dentes, em todas as estruturas nas quais foram vistos, são cônicos, sem ornamentações, com exceção de um dos dentes do paresfenoide (Figura 44), o que pode ser resultante da ação da solução ácida utilizada para a preparação do material. Além disto, possuem o tipo 2 de fixação (*sensu* FINK, 1981), o que será adequadamente discutido ao final desta seção.

7.5.5 Arco hioideo

7.5.5.1 Ceratoiais anteriores (figuras 58, 59, 60 e 61)

Segundo Forey (1977), os ceratoiais anterior e posterior seriam ossificados em duas seções, uma anterior, com duas fenestras, e uma posterior, que eventualmente seria fenestrada. O que pode ser observado no material preparado são os ceratoiais anteriores. Em vista lateral, a estrutura possui a regiões anterior e posterior mais altas que seu corpo, e nenhuma fenestra foi observada. Em um dos espécimes (Figura 59) é possível observar uma projeção óssea paralela ao corpo do ceratoial, possivelmente utilizada para ancoragem muscular. Em vista dorsal (Figura 60 A e B), a região anterior do ceratoial é mais larga que no restante da estrutura, o que oferece uma maior superfície para conexão com os hipoiais. Em um dos exemplares (Figura 61), os dois ceratoiais anteriores podem ser vistos, incluindo a região posterior da estrutura, que possui o mesmo tipo de superfície em relação à região anterior da estrutura, o que parece indicar a conexão com os ceratoiais posteriores seria realizada mediante estrutura cartilaginosa.

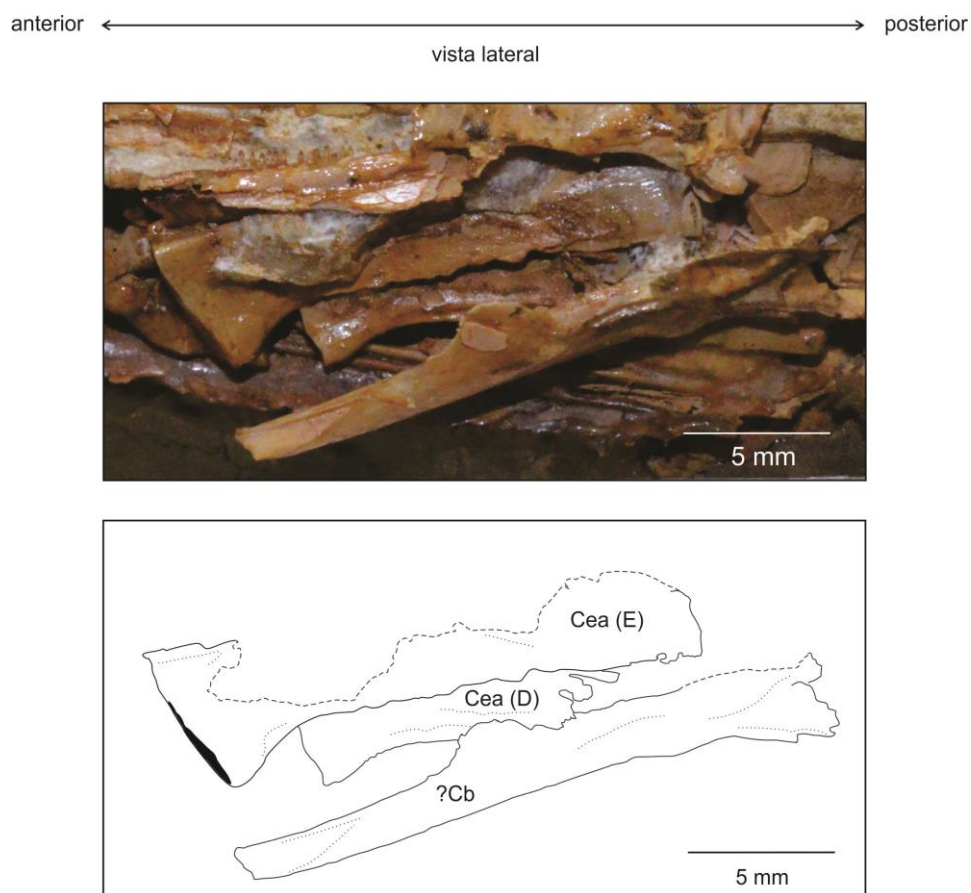


Figura 58. Espécime GP/2E 2990. **?Cb**: ceratobranquial (?); **Cea (D)**: ceratoial anterior direito; **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.5.2 Hipoial (figuras 46 e 61)

Cada hipoial possui porções dorsal e ventral, sendo esta última representada na Figura 61. Seria constituído por osso esponjoso, e a abertura do hipoial ventral é para a artéria hioidea aferente (FOREY, 1977).

anterior ← → posterior
vista lateral

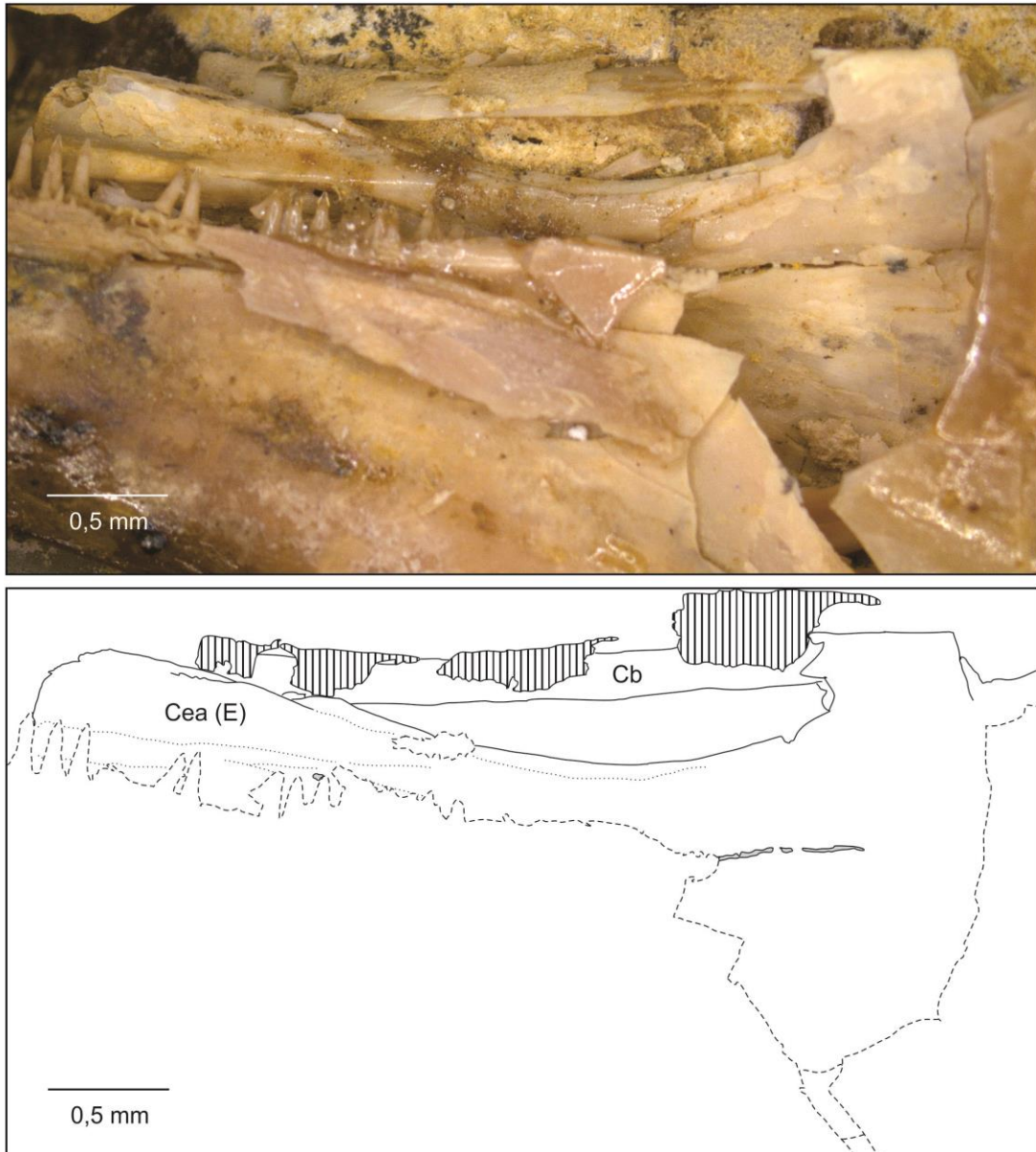


Figura 59. Espécime GP/2E 1642. **Cb:** ceratobranchial; **Cea (E):** ceratoial anterior esquerdo. As áreas hachuradas representam possíveis placas dentárias basibranchiais. Preenchimentos em cinza indicam sedimentos. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista dorsal

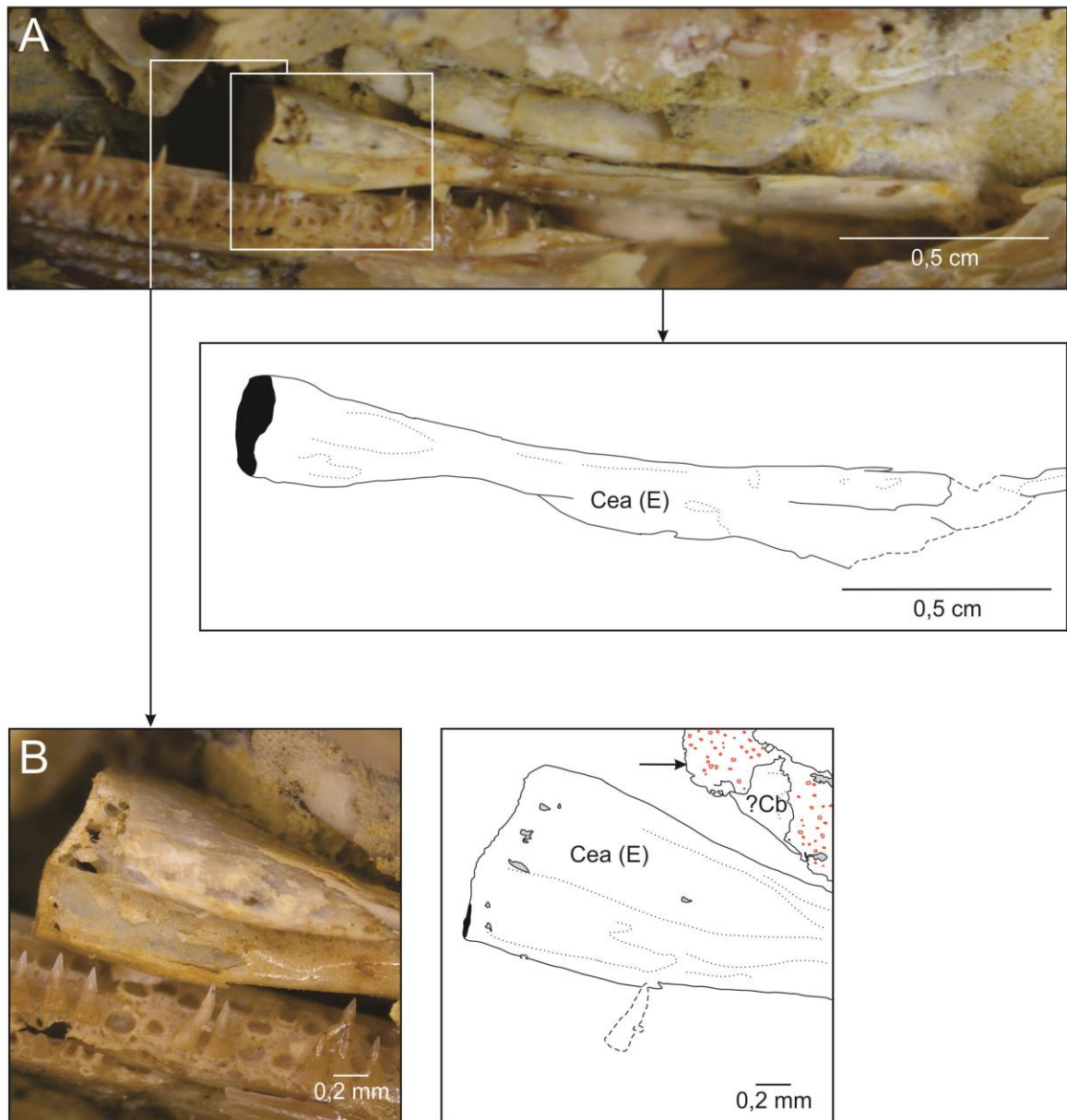


Figura 60. Espécime GP/2E 1642. **A:** ceratoial anterior; notar sua maior largura na região distal. **B:** extremidade distal do ceratoial anterior; a seta no esquema aponta para as possíveis placas dentárias basibranchiais, cujos orifícios em vermelho representam os locais de inserção dentária. **?Cb:** ceratobranchial (?); **Cea (E):** ceratoial anterior esquerdo. Preenchimento em cinza no ceratoial indica fratura e no ceratobranchial (?) indica sedimento. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.5.3 Ceratobranchiais (figuras 59 e 60 B)

Apenas fragmentos de ceratobranchiais podem ser observados e são, no material preparado, identificados em parte pela morfologia, e em parte pela relação topográfica com outros elementos do arco branquial. Ainda que em trabalhos sobre este gênero não existam menções sobre placas dentárias basibranchiais, parece clara sua existência e preservação em

pelo menos um dos materiais preparados (GP/2E 1642). São placas externamente convexas, com pequenas aberturas cuja morfologia assemelha-se, de um modo geral, àquela vista no endopterigoide do mesmo espécime (ver Figura 48). Mas diferentemente da placa dentária do endopterigoide, a placa dentária basibranquial não porta nenhum dente *in loco*.

anterior ← ————— → posterior
vista ventral

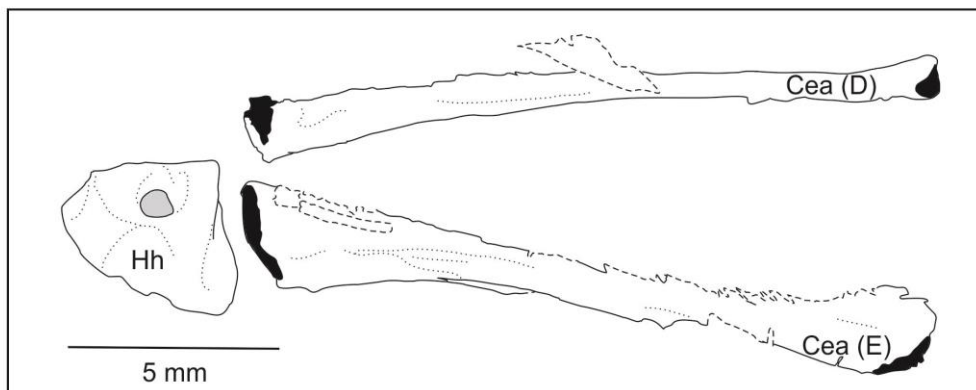


Figura 61. Espécime GP/2E 2993. **Cea (D)**: ceratoial anterior direito; **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo; **Hh**: hipoiial ventral. Preenchimento em cinza indica abertura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.6 Série circum-orbital

7.5.6.1 Dermesfenótico (Figura 62)

O dermesfenótico (*sensu* FOREY, 1977) possui morfologia aproximadamente retangular, sua região anterior delimitando a porção pósterio-superior da órbita, ântero-dorsalmente estaria em contato com os frontais, ventralmente em contato com o infraorbital 4+5, posteriormente cobre parte do hiomandibular, e dorsoposteriormente está sobre o autesfenótico. Nenhum ramo de canal sensorial foi observado, assim como nenhuma ornamentação.

7.5.6.2 Série infraorbital (figuras 37, 62 e 63)

Esta série é composta por três elementos ósseos, infraorbital 1, infraorbital 2+3 e infraorbital 4+5. O infraorbital 1 é o mais anterior da série e delimita a porção ântero-ventral da órbita. Sua extremidade anterior possui morfologia aproximadamente triangular, dorsoanteriormente estaria em contato com o supraorbital, ventralmente com o maxilar e posteriormente com o infraorbital 2+3. O infraorbital 2+3 é o elemento ósseo mais amplo da série (discussão sobre fuscionamento de estruturas infraorbitais em FOREY, 1977). Anteriormente delimita a região pósterio-inferior da órbita e está em contato com a região posterior do infraorbital 1, ântero-ventralmente havendo um breve contato com o maxilar, ventralmente está em contato com o supramaxilar, parte de sua região pósterio-ventral encontrando-se sobre quadrado e hiomandibular, pósterio-superiormente em contato com o pré-opérculo, e dorsalmente em contato com o infraorbital 4+5. O infraorbital 4+5 possui morfologia similar àquela do dermesfenótico. A estrutura é alongada, semelhante a um retângulo, anteriormente delimita a região posterior média da cavidade óptica, ventralmente está em contato com o infraorbital 2+3, a maior extensão posterior encontrando-se em contato com o pré-opérculo, com exceção da extremidade pósterio-superior, que estaria sobreposta à parte da fossa temporal lateral, e dorsalmente está em contato com o dermesfenótico.

Parte da série circum-orbital foi preservada em apenas um dos exemplares (GP/2E 4389), preparado mecanicamente, e seus canais sensoriais foram perdidos. Um segundo espécime (GP/2E 2993, Figura 63), mediante preparação química, evidenciou a extremidade do infraorbital 1, com seu canal sensorial. Infelizmente a distribuição do canal sensorial completo, e suas ramificações, não foram observadas. Nenhum dos ossos desta série apresenta ornamentações.

7.5.6.3 Anel esclerótico (Figura 62)

O anel esclerótico não é comentado por Dunkle (1940, Figura 9), mas é ilustrado por este autor, como sendo constituído por nove ossículos. Forey (1977) atribui a presença de dois ossículos escleróticos para a subordem proposta por ele, Pachyrhizodontoidei. No material preparado, apenas um dos espécimes (GP/2E 4389) possui um ossículo esclerótico preservado.

anterior ← → posterior
vista lateral

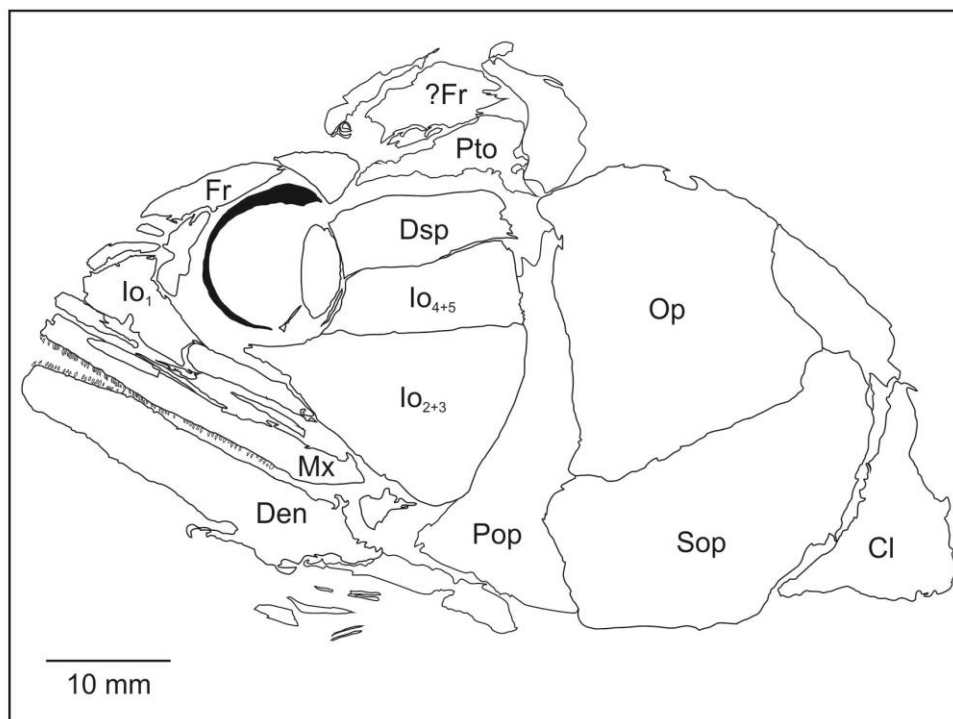
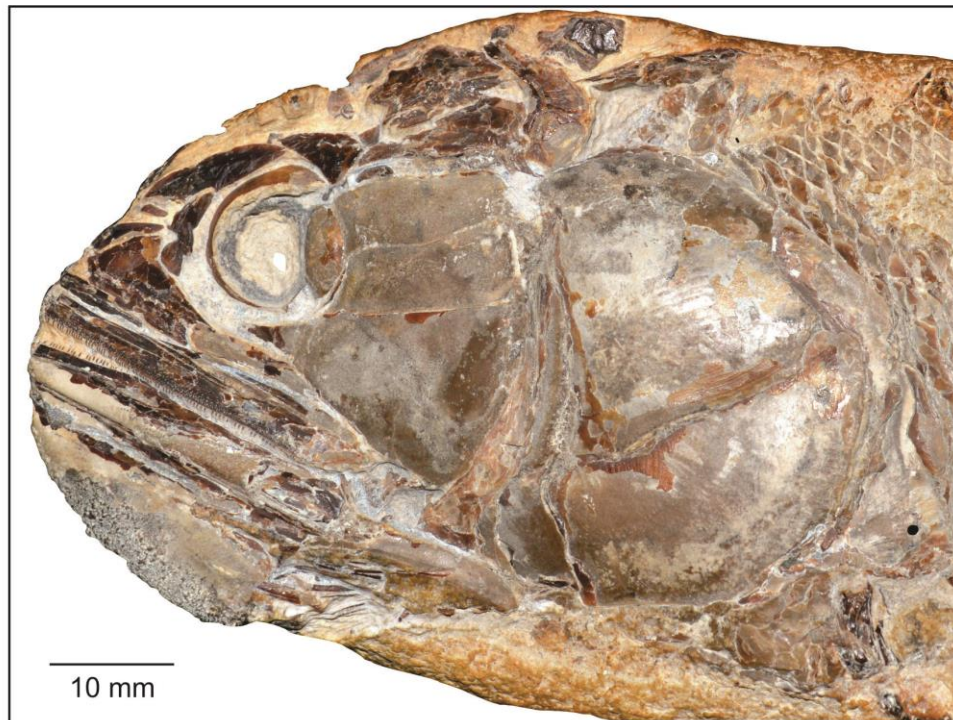


Figura 62. Espécime GP/2E 4389. A estrutura preenchida em preto é um anel esclerótico. **CI:** cleitro; **Den:** dentário; **Dsp:** dermesfenótico; **Fr:** frontal; **?Fr:** fragmento do frontal (?); **Io₁:** infraorbital 1; **Io₂₊₃:** infraorbital 2+3; **Io₄₊₅:** infraorbital 4+5; **Mx:** maxilar; **Op:** opérculo; **Pop:** pré-opérculo; **Pto:** pterótico; **Sop:** subopérculo. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← ————— → posterior
vista lateral

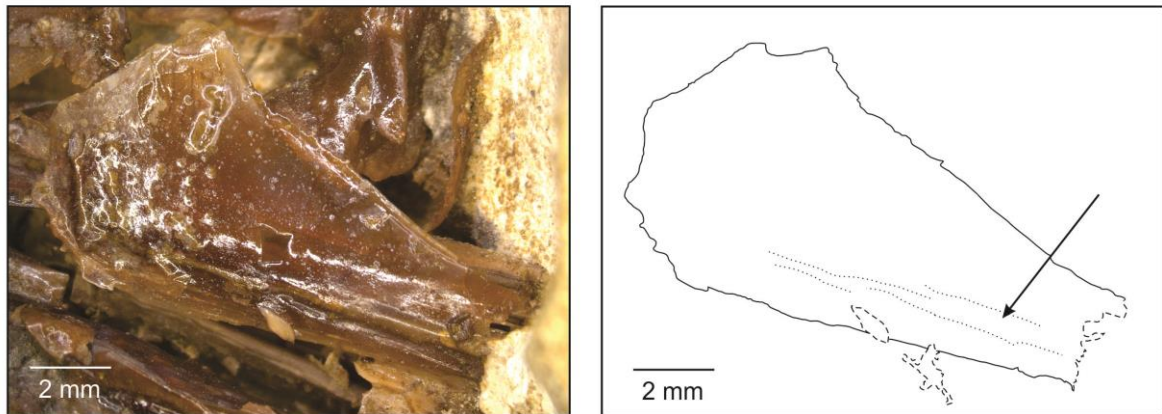


Figura 63. Espécime GP/2E 2993. A estrutura representada é a extremidade anterior do infraorbital 1. A seta aponta para o canal sensorial. (Figura elaborada pela autora).

7.5.7 Série opercular

7.5.7.1 Opérculo (figuras 62 e 64 A)

O opérculo, preservado em um único espécime (GP/2E 4389), apresenta morfologia aproximadamente triangular e é mais alto que largo. A maior parte de sua região anterior está em contato com o pré-opérculo, ventralmente em contato com o subopérculo, posteriormente em contato com o supracleitro e dorsalmente estaria em contato com o supratemporal. Segundo Dunkle (1940), a extremidade ântero-superior do opérculo possuiria faces direcionadas anteriormente, portando o processo opérculo do hiomandibular, o que não foi possível observar no espécime preparado. Na camada externa da estrutura óssea, que possui apenas fragmentos preservados, parece haver ornamentação do tipo estriada (Figura 64 B). Não é possível afirmar que a estrutura possuiria este padrão em sua totalidade.

7.5.7.2 Subopérculo (figuras 62 e 64 A)

O subopérculo, no espécime preservado (GP/2E 4389), aparenta ter largura maior que aquela do opérculo, o que pode ser resultante do deslocamento de outros elementos da série opercular, bem como a fragmentação de parte do pré-opérculo, que sobreporia parcialmente a região anterior do subopérculo. A região anterior do subopérculo é reta e estaria em contato com o pré-opérculo, ventral e posteriormente a estrutura é arredondada, assemelhando-se a um semicírculo. Ventralmente estaria em contato com os raios branquiostégios e posteriormente seu maior contato ocorre com o cleitro. Dorsalmente está em contato com o opérculo, e sua extremidade dorsal distal possui um breve contato com o

supracleitro. Há fragmentos de ornamentação no subopérculo, também do tipo estriado, mas em sentido diferente em relação à ornamentação do opérculo (Figura 64 B).

7.5.7.3 Pré-opérculo (figuras 62, 64 A, 65 e 66)

O pré-opérculo é expandido ventralmente e possui um ramo ascendente que progressivamente segue se adelgaçando. Ventralmente estaria sobreposto ao interopérculo, suas expansões ventral e posterior estando em contato com o subopérculo, e posteriormente, em direção ao ramo ascendente, seu contato é com o opérculo. Anteriormente o ramo ascendente está em contato com os infraorbitais posteriores.

Um dos exemplares preparados (GP/2E 1642) apresenta a porção ventral do pré-opérculo preservado, onde podem ser vistos três ramos do canal sensorial pré-opérculo. A extremidade dorsal do ramo ascendente do pré-opérculo pode ser vista em um terceiro espécime (GP/2E 8098 A), apresentando muitos sulcos longitudinais, onde talvez se fixassem os músculos aductor mandibulae.

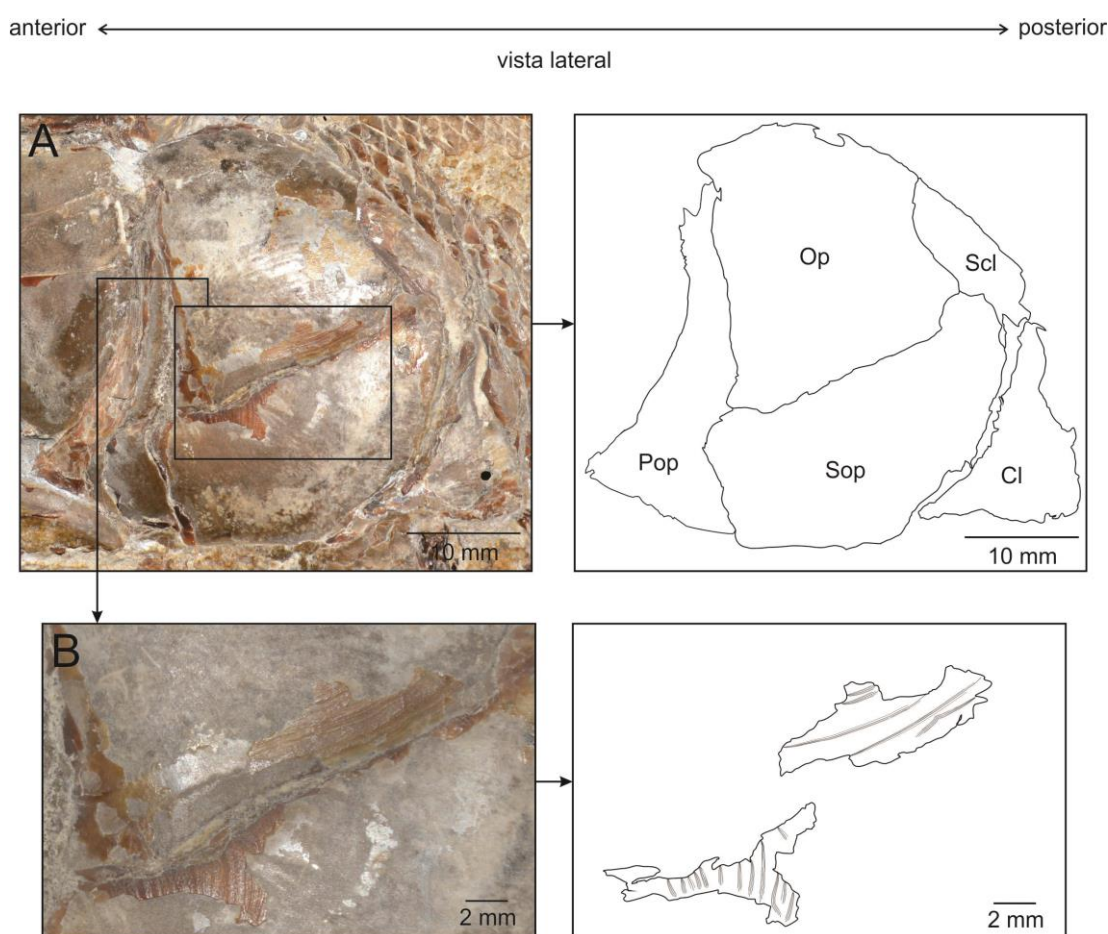


Figura 64. Espécime GP/2E 4389. **A:** Estruturas da série opercular preservadas. **B:** Detalhe para a ornamentação do tipo estriada, com poucos fragmentos preservados da camada óssea. **Cl:** cleitro; **Op:** opérculo; **Pop:** pré-opérculo; **Scl:** supraclitro; **Sop:** subopérculo. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

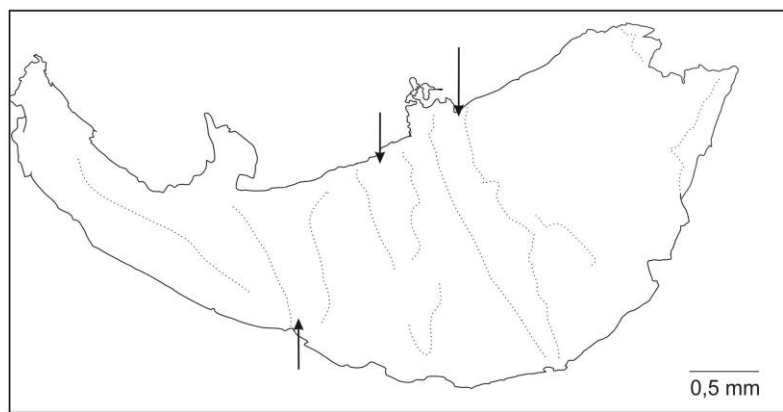


Figura 65. Espécime GP/2E 1642. A estrutura representada é a porção ventral do pré-opérculo. As setas apontam para os ramos do canal sensorial pré-opercular. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

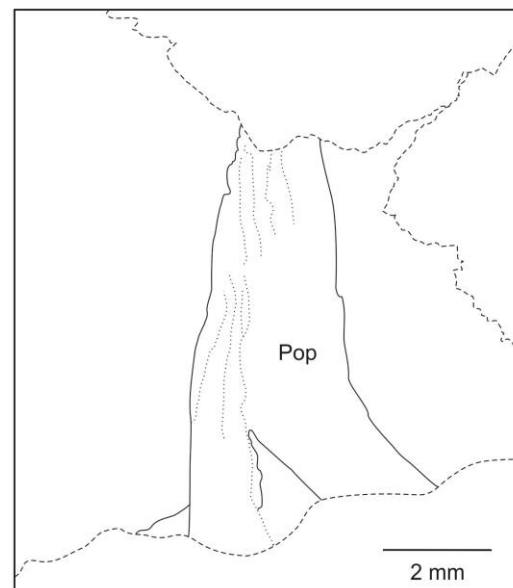


Figura 66. Espécime GP/2E 8098a. **Pop:** pré-opérculo. A estrutura representada é a extremidade dorsal do ramo ascendente do pré-opérculo. Notar os sulcos na estrutura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.8 Cintura peitoral e nadadeiras

7.5.8.1 Supratemporal (Figura 67)

No âmbito do material preparado há um único supratemporal fragmentado preservado. A estrutura apresenta-se com morfologia aproximadamente semicircular, e com partes de quatro ramos da comissura supratemporal. Dunkle (1940) descreveu-a com dimensões próximas àquelas do opérculo, o que não foi possível confirmar. Ântero-lateralmente estaria em contato com os pteróticos, ventralmente sobreporia parte da margem dorsal do opérculo, e posteriormente cobriria a extremidade póstero-lateral dos pteróticos.

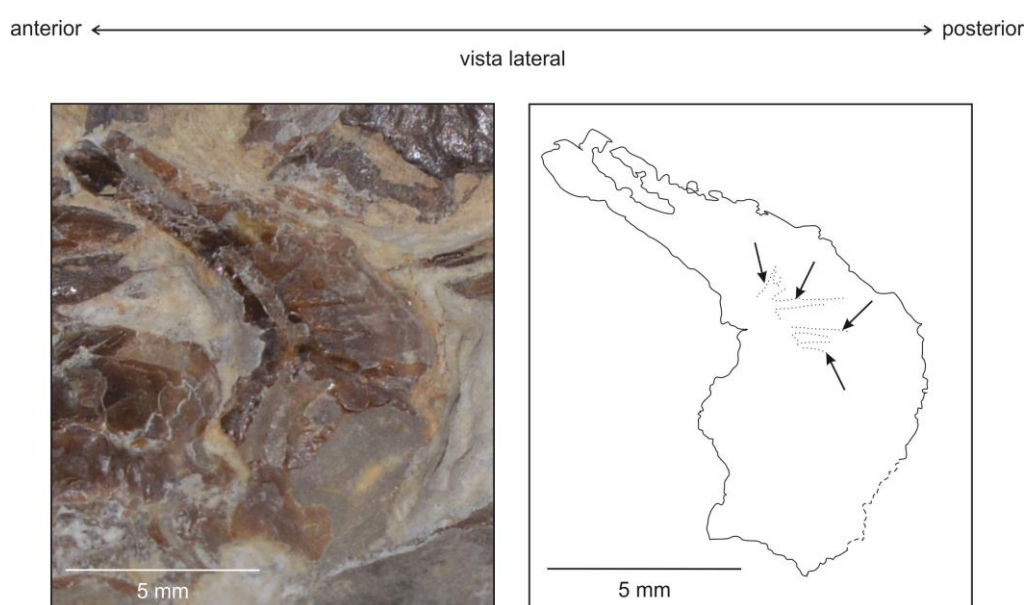


Figura 67. Espécime GP/2E 4389. A estrutura representada é o supratemporal. As setas apontam para porções fragmentárias da comissura supratemporal. Notar os sulcos nesta estrutura. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.8.2 Supracleitro (Figura 64 A)

O supracleitro apresenta-se como uma estrutura semelhante a um bastão. No espécime em que está preservado seu contato ântero-ventral é em maior parte com o opérculo, e seu contato ventroposterior ocorre com o subopérculo. Em reconstrução de Forey (1977), a extremidade ântero-dorsal da estrutura estaria em contato com o pós-temporal, o que não pode ser confirmado com o material preparado neste trabalho, assim como não foi vista a linha lateral do pós-temporal, em função da preservação do material.

7.5.8.3 Cleitro (figuras 62 e 64 A)

O cleitro é um elemento mais alto que largo. Sua região anterior é ligeiramente côncava e está em contato com o subopérculo, e sua região posterior é acentuadamente

convexa. Sua região ventral seria suturada ao coracoide e próximo à margem anterior côncava estaria o mesocoracóide. Na metade inferior do ramo ascendente do cleitro estariam os pós-cleitros, que também não foram preservados.

7.5.8.4 Nadadeira peitoral (Figura 68)

A nadadeira peitoral melhor preservada, no âmbito dos espécimes preparados, apresenta 10 raios mais externos. A ramificação não pode ser verificada em todos os raios, pois os mesmos não se encontram completos em seu comprimento.

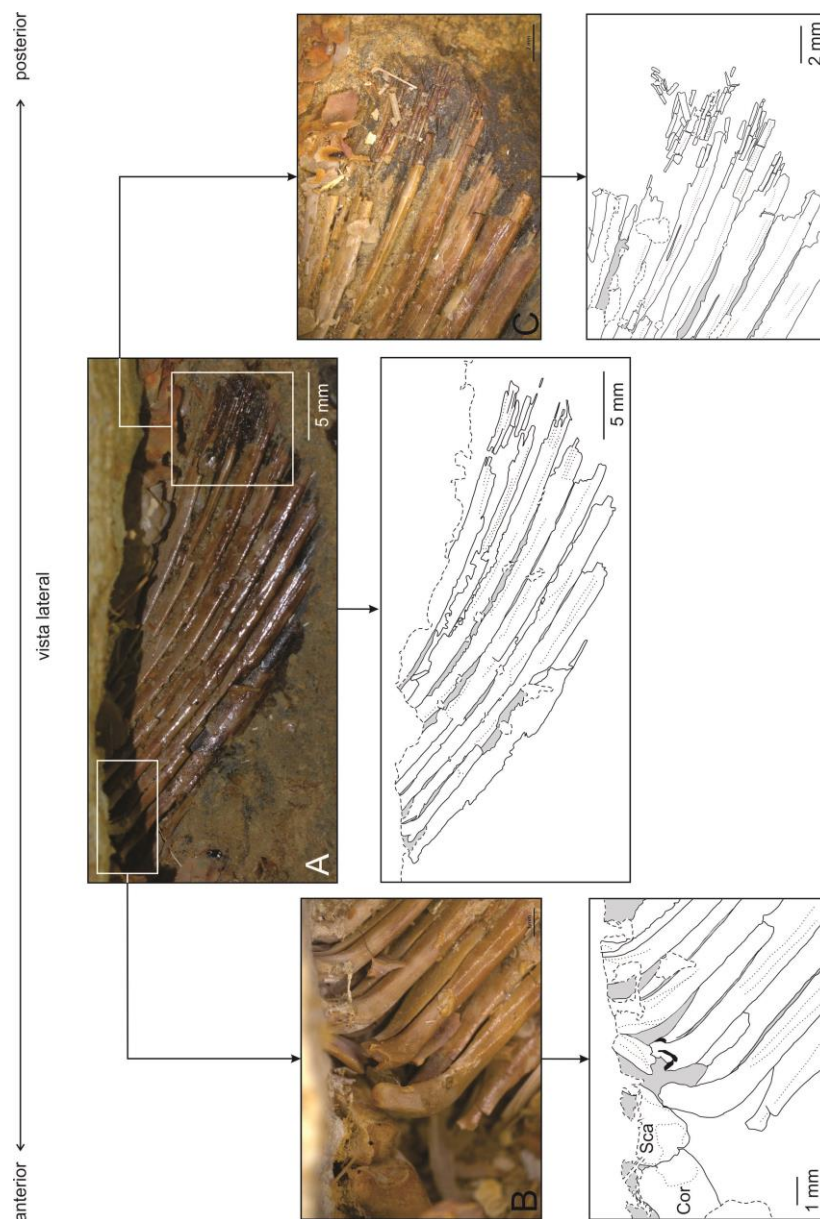


Figura 68. Espécime GP/2E 8098a. **A:** vista geral da nadadeira peitoral. **B:** raios externos, articulando com a escápula. **C:** detalhes da ramificação presente em alguns raios. **Cor:** coracoide; **Sca:** escápula. Preenchimentos em cinza representam espaços entre estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.9 Coluna vertebral (figuras 69, 70, 71, 72, 73, 74 e 75)

A coluna vertebral (*sensu* FOREY, 1977) é composta por aproximadamente 60 vértebras, cujos centros são anficélicos, das quais 19 ou 20 são caudais. No âmbito do material preparado, a maior sequência de vértebras é encontrada no espécime GP/2E 8098 b. A sequência vertebral deste material compreende as 18 vértebras posteriores (figuras 69 e 70) e o complexo caudal.

Uma vértebra do espécime GP/2E 8098 a foi figurada para apontamento de estruturas (Figura 71), entretanto não é possível saber se seria a décima sétima vértebra caudal, ou outro elemento da sequência.

As primeiras duas vértebras podem ser vistas no espécime preparado, GP/2E 8098 b (Figura 72), entretanto foram bastante danificadas pela preparação química, o que impede a visualização de possíveis cristas. Um segundo espécime, GP/2E 1642 (Figura 73), possui as primeiras vértebras anteriores preservadas, entretanto há dúvidas sobre qual a posição das mesmas na sequência. Forey (1977) atribui morfologia às vértebras anteriores como mais altas que largas, o que está de acordo com a anatomia observada neste material preparado. Entretanto o mesmo autor menciona a ausência de cristas longitudinais para as duas ou três primeiras vértebras, mas tais cristas estão presentes no material aqui figurado. Deste modo, as vértebras figuradas para este espécime são tratadas como sendo da região abdominal anterior.

Ainda no espécime GP/2E 1642 há continuidade da coluna vertebral, entretanto os centros vertebrais foram rotacionados, de modo que seus arcos neurais estão ventralmente direcionados (Figura 74). Este conjunto de vértebras passa a exibir altura e largura semelhantes, tornando-se mais arredondadas, e todas possuem cristas longitudinais.

Da maior sequência de vértebras (Figura 69), como observado por Forey (1977), as parapófises das últimas sete vértebras abdominais aumentam com o decréscimo do comprimento das costelas.

As costelas podem ser vistas desarticuladas em um dos espécimes preparado mecanicamente (GP/2E 4389, Figura 75). São estruturas bastante alongadas e ligeiramente curvadas, com a concavidade voltada anteriormente.

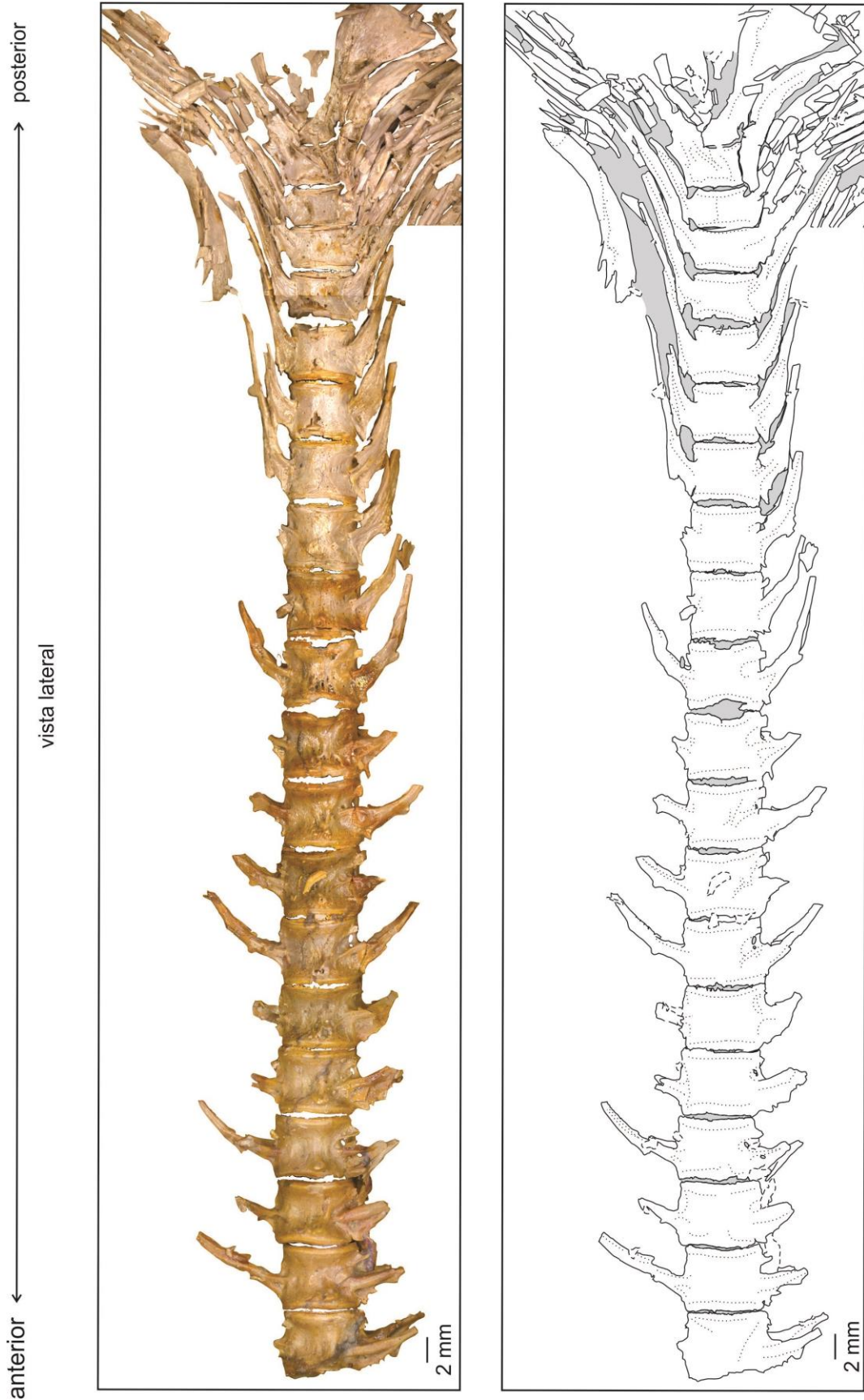


Figura 69. Espécime GP/2E 8098b. Maior sequência de vértebras obtida mediante preparação. São as vértebras posteriores e o complexo caudal. Preenchimentos em cinza representam espaços entre estruturas ou orifícios nas estruturas. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista ventral oblíqua

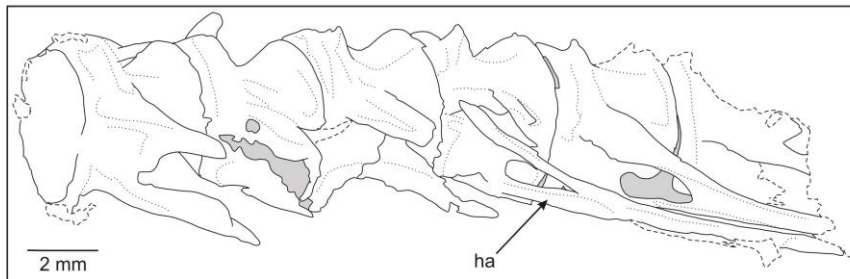


Figura 70. Espécime GP/2E 8098b. **ha:** arco hemal. As vértebras representadas são as mais anteriores mostradas na Figura 69. Preenchimentos em cinza representam espaços ou orifícios nas estruturas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

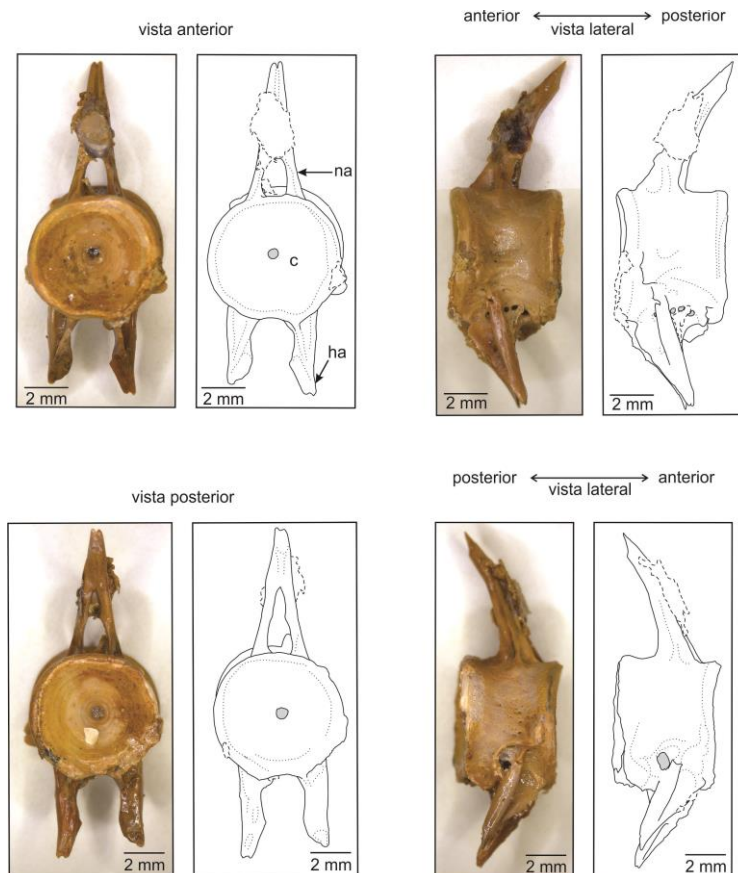


Figura 71. Espécime GP/2E 8098a. **c:** centro vertebral; **ha:** arco hemal; **na:** arco neural. A mesma vértebra representada em diferentes vistas. Preenchimentos em cinza representam orifícios nas estruturas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

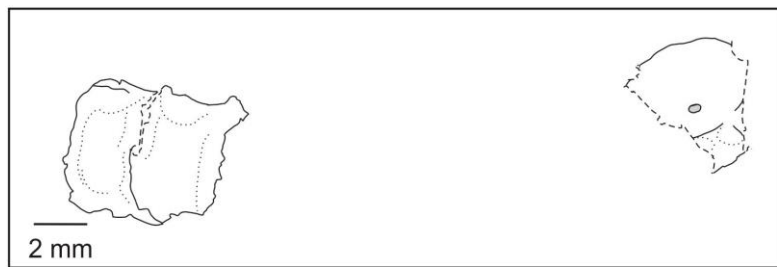
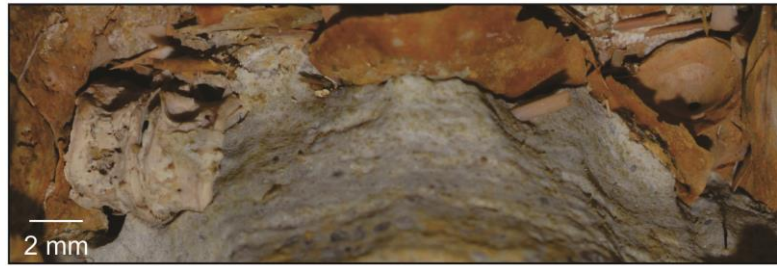


Figura 72. Espécime GP/2E 8098b. À esquerda estão os dois primeiros centros vertebrais do espécime. À direita um centro vertebral deslocado. Preenchimento em cinza representa orifício na estrutura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

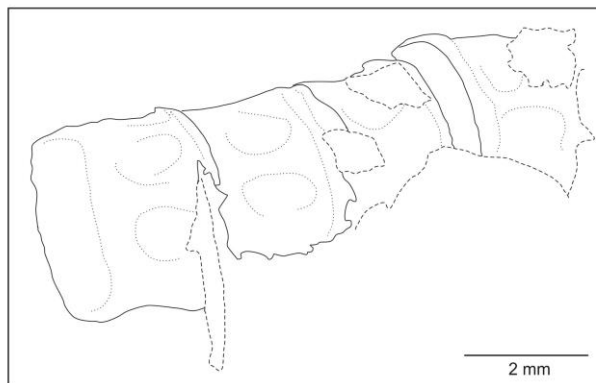


Figura 73. Espécime GP/2E 1642. Vértabras abdominais anteriores preservadas. Notar morfologia do centro vertebral, mais alto que largo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

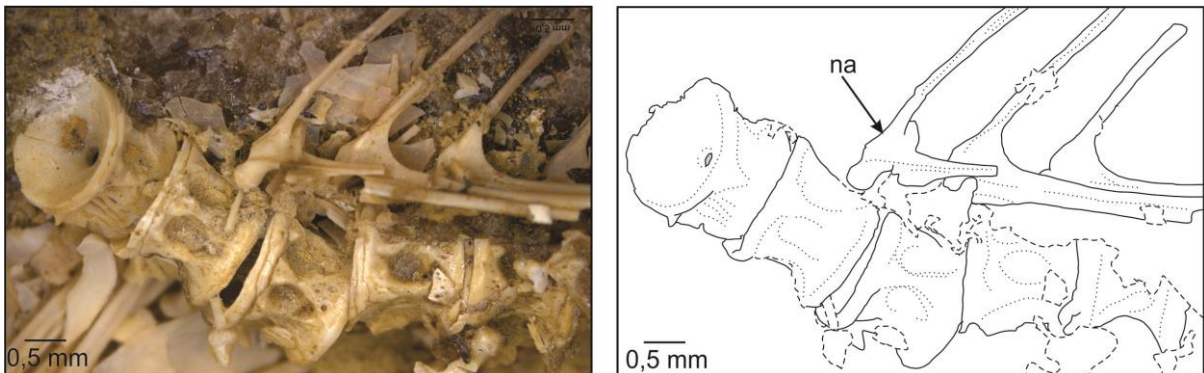


Figura 74. Espécime GP/2E 1642. **na:** arcos neurais de vértebras anteriores, autógenos (*sensu* FOREY, 1977). Vértebras abdominais anteriores preservadas. Notar morfologia do centro vertebral, tão alto quanto largo. Preenchimento em cinza representa orifício na estrutura. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral medial

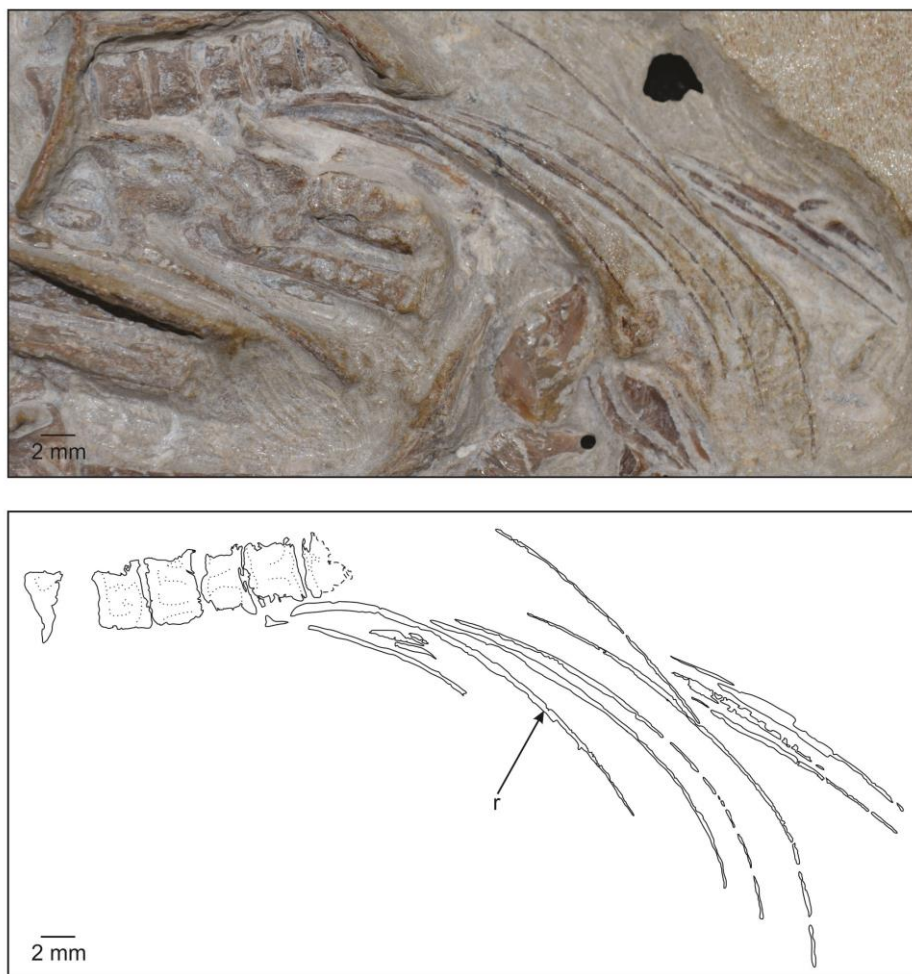


Figura 75. Espécime GP/2E 4389. **r:** costela. Vértebras abdominais anteriores preservadas, assim como costelas desarticuladas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.10 Nadadeira dorsal (Figura 76)

Segundo Forey (1977), esta nadadeira seria composta por 15-16 raios, suportados por 12-13 pterigióforos, e o décimo quinto raio seria o mais alongado, ocupando o comprimento de 30 vértebras. Do material preparado, apenas porções da nadadeira dorsal de um dos espécimes foram preservadas. Existem quatro regiões proximais dos raios, que se articulariam com os pterigióforos. Comprimentos de raios, e ramificação dos mesmos, não foram observados no material preparado.

anterior ← → posterior
vista lateral

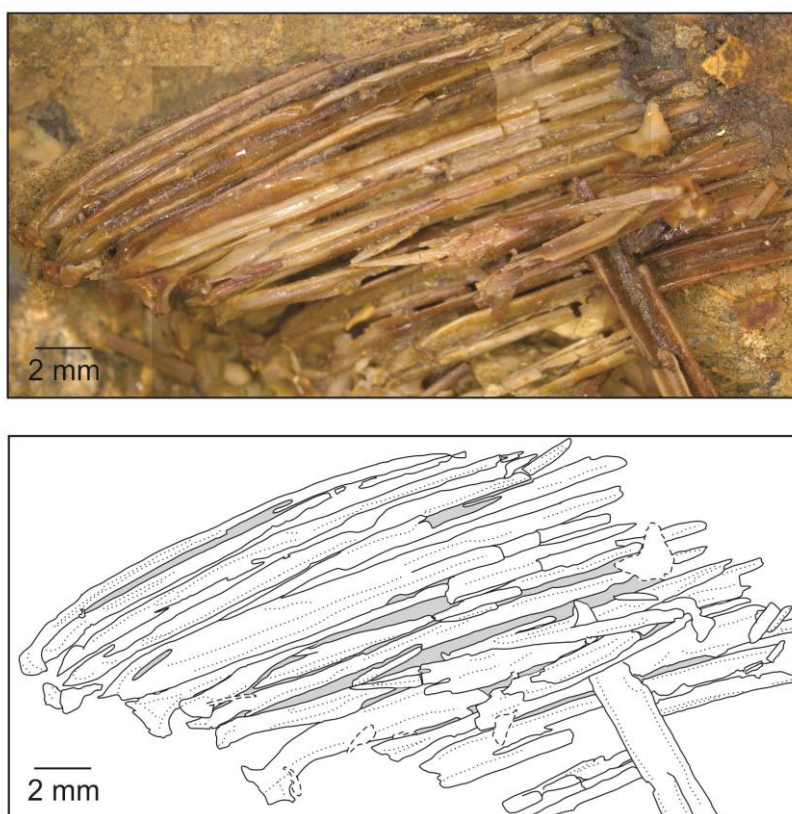


Figura 76. Espécime GP/2E 8098a. As estruturas representadas são porções proximais de raios da nadadeira dorsal. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.5.11 Esqueleto caudal e nadadeira (figuras 77, 78, 79 e 80)

Do material preparado apenas um espécime (GP/2E 8098 b) apresenta o esqueleto caudal preservado (Figura 77). Como descrito por Forey (1977), os raios da nadadeira caudal são suportados por estruturas associadas com três centros pré-urais e dois centros urais. Os espinhos hemais dos pré-urais 1-3 são robustos, e o paripural é angulado. Pelo que foi observado, o paripural é de fato fusionado com o pré-ural 1.

No pré-ural 1 é possível observar a base dos uroneurais 1-2. Esta base é proximalmente expandida, e ocupa cerca de dois terços da área lateral do pré-ural 1. Na porção inferior da base dos uroneurais há uma elevação, de onde se projetaria o uroneural 1. Dorsal a esta elevação há uma crista, que ofereceria suporte ao uroneural 2. A região distal dos uroneurais não foi preservada.

Ainda no pré-ural 1 há um espessamento, dorsal ao comprimento proximal dos uroneurais, que Forey (1977) denomina como elemento arcual. Este autor diz que o elemento arcual, baseado em sua amplitude, provavelmente representaria o primeiro arco ural pré-ural, fusionado com o arco neural ural. Não foi vista a sutura entre o elemento arcual e o comprimento dorsal da base dos uroneurais, o que parece impedir a corroboração deste argumento.

Posterior ao pré-ural 1 está o primeiro centro ural, fusionado com os dois primeiros hipurais. O forâmen do hipural não foi observado. A morfologia do centro ural 1, mais hipurais 1 e 2, também é distinta daquela ilustrada por Forey (1977). Segundo este autor haveria um ramo superior ao forâmen do hipural, entretanto no material preparado este ramo não está presente, e aparentemente sua ausência não é devida à qualidade de preservação, pois o primeiro centro ural não parece fragmentado. Há um fragmento proximal que se assemelha ao hipural 3. A região ântero-dorsal deste fragmento está em contato com outro elemento ósseo que talvez seja o segundo centro ural, sobre o qual está a região ântero-dorsal do possível hipural 3. Epurais não foram identificados.

Os raios principais da nadadeira caudal não puderam ser adequadamente contados, por conta das perdas durante a preparação química do material, entretanto a região posterior dos raios da nadadeira caudal é bastante ramificada. Para o lobo inferior da nadadeira caudal foram observados cinco raios pró-correntes, e um fragmento de uma estrutura completamente perdida ao longo da preparação química, que possivelmente se tratava de um escudo ventral. Para o lobo superior da mesma nadadeira foram observados quatro raios pró-correntes, e um escudo dorsal.

O primeiro raio pró-corrente é o mais posterior (ver Figura 78), devido ao padrão de ossificação encontrado em estudo pertinente (ARRATIA, 2008). Arratia (op. cit.) fornece informações para a fauna de peixes atuais, onde raios pró-correntes possam ser segmentados em estágios ontogenéticos avançados para determinadas famílias, e demonstra também variação em quantidade destas estruturas como elemento para dimorfismo sexual. Mas por se tratar de fauna fóssil, e existir apenas um espécime para estudo de raios pró-correntes, optou-se aqui pela definição de raios pró-correntes de nadadeira ímpar, de acordo com Grande &

Bemis (1998). Estes raios são definidos como curtos, e não segmentados nas extremidades anteriores das nadadeiras.

anterior ← vista lateral → posterior

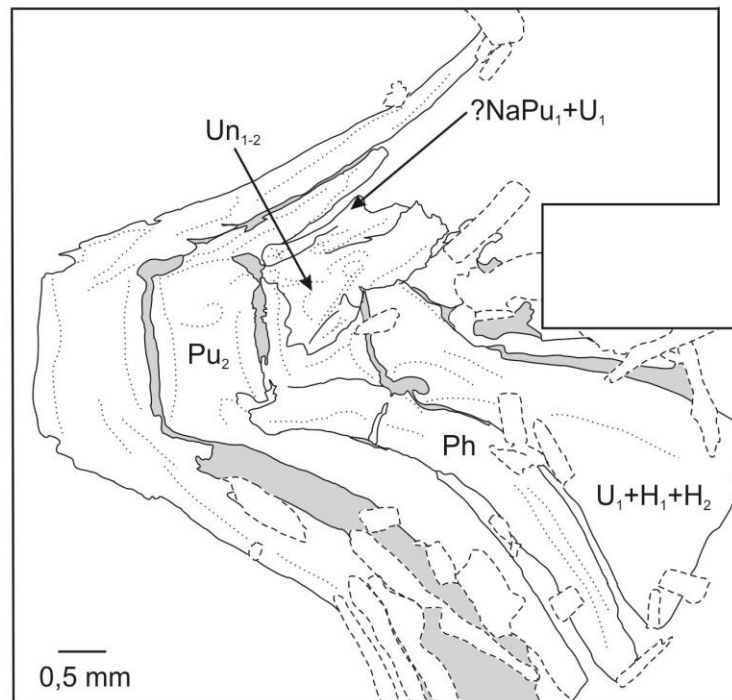


Figura 77. Espécime GP/2E 8098b. Esqueleto caudal. $?NaPu_1 + U_1$: arco do pré-ural 1 fusionado com o arco neural ural (elemento arcual) ?; **Ph**: paripural; **Pu₂**: centro pré-ural 2; **U₁ + H₁ + H₂**: primeiro centro ural mais hipurais 1 e 2; **Un₁₋₂**: base dos uroneurais 1 e 2. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

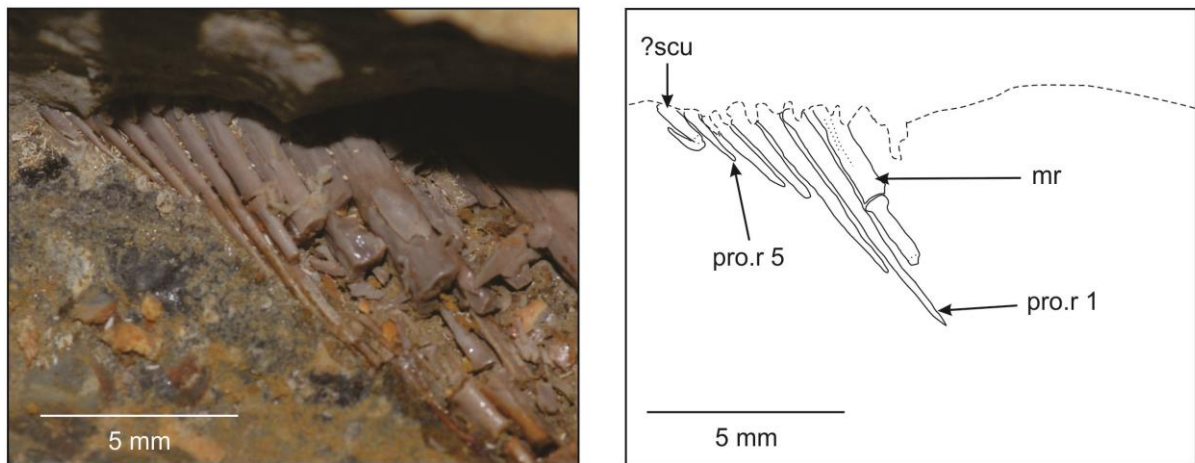


Figura 78. Espécime GP/2E 8098b. Raios do lobo inferior da nadadeira caudal. **mr**: raio; **pro.r 1**: raio pré-corrente 1; **pro.r 5**: raio pré-corrente 5; **?scu**: escudo ventral ?. A linha tracejada representa incerteza quanto à inserção das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

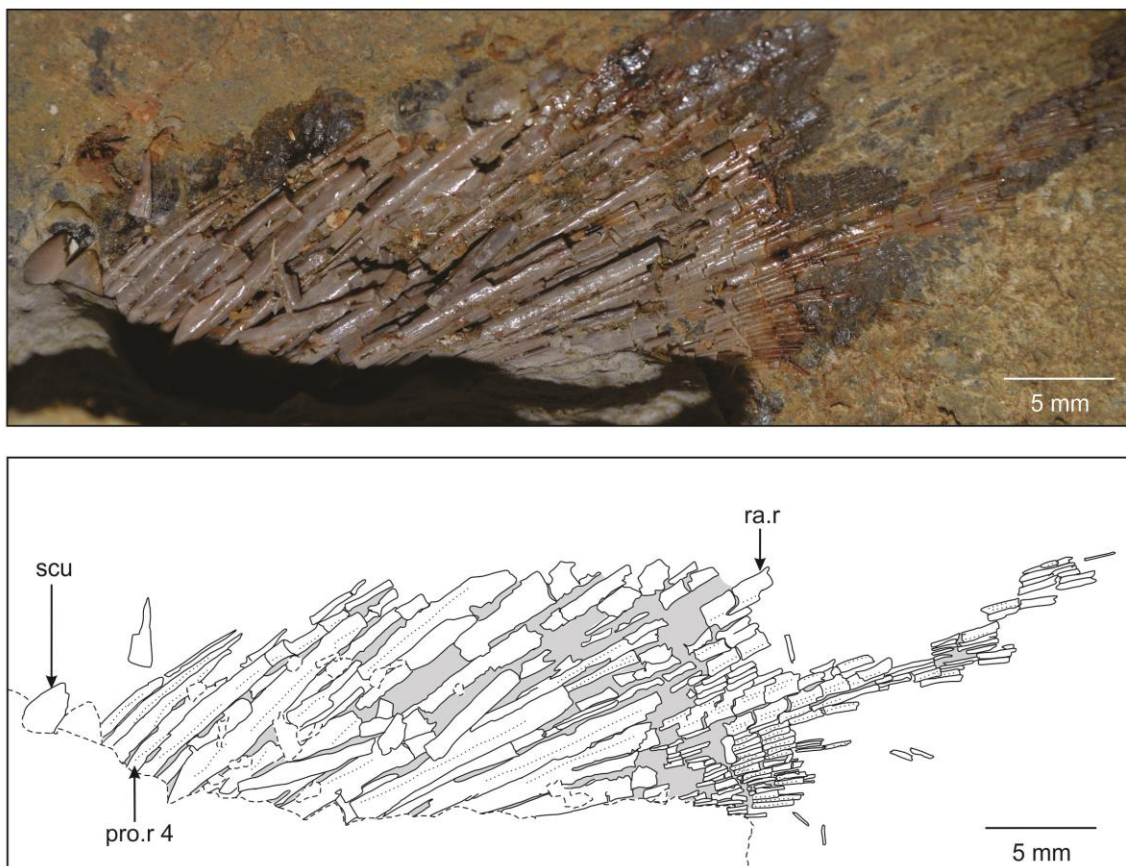


Figura 79. Espécime GP/2E 8098b. Raios do lobo superior da nadadeira caudal. **pro.r 4**: raio pré-corrente 4; **ra.r**: ramificações de raio pré-corrente; **scu**: escudo dorsal (ampliado na Figura 80). Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam incertezas quanto à inserção das estruturas e fragmentos sobrepostos. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

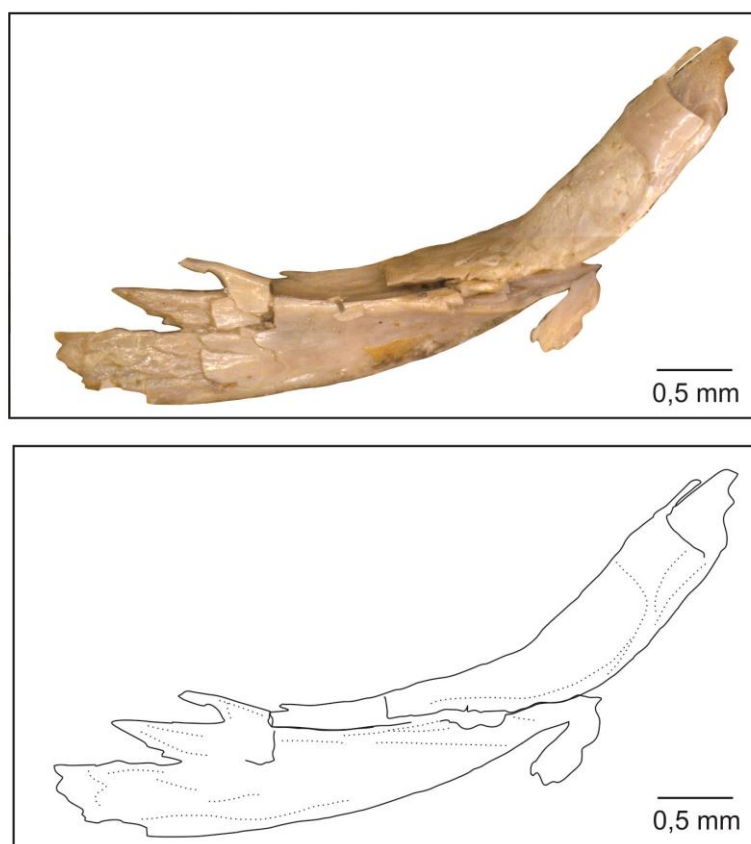


Figura 80. Espécime GP/2E 8098b. A estrutura representada é o escudo dorsal da nadadeira caudal. (Figura elaborada pela autora).

7.5.12 Escamas

As escamas são cicloides, circulares e delgadas. Sua distribuição sobre as nadadeiras não pode ser observada.

7.5.13 Comentários

Na Subordem Pachyrhizodontoidei *sensu* Forey (1977), o paresfenoide não portaria dentes ou processo basipterigoideo. Um dos espécimes preparados, GP/2E 8098 a, o único que possui o maior comprimento do paresfenoide exposto, apresenta dois dentes associados. Destes dentes (Figura 44 B), o do lado esquerdo apresenta maior grau de anquilose no paresfenoide.

Também distinto do descrito para os Pachyrhizodontoidei, é a quantidade de fileiras de dentes maxilares. Um espécime, GP/2E 2993, que permite a visualização ventral do maxilar, apresenta mais de uma fileira de dentes (Figura 54), sendo cinco fileiras na maior largura do maxilar.

Para o gênero *Notelops* Agassiz, 1833, a diagnose emendada por Forey (1977) traz a informação de que o ceratoial anterior é fenestrado. No que diz respeito à esta estrutura, no presente trabalho, a fenestra é ausente (figuras 58 a 61) em diferentes espécimes.

7.6 Sistemática Paleontológica: *Rhacolepis buccalis*

Subordem Pachyrhizodontoidei Forey, 1977

Família Pachyrhizontidae Cope 1872

Gênero Gênero *Rhacolepis* Agassiz 1841

Espécie *Rhacolepis buccalis* Agassiz, 1841

7.6.1 Diagnose da Subordem (ver 7.1.1)

7.6.2 Diagnose da Família

Peixes paquyrrizodôntidos, nos quais a caixa craniana é ampla e convexa na região ótica; comissura etmoidea encerrada pelo osso é ausente; margem do frontal escavada acima do espinho autesenfótico; parietais separados pelo supraoccipital; fossa subtemporal ausente; pequeno intercalar, não atingindo o pró-ótico; forâmen trigeminal abrindo diretamente na órbita; miódomo aberto posteriormente; paresfenoide profundamente abaixo da região ótica; palatino curto; ectopterigoide com dentes; mandíbula com ângulo-articular e retroarticular; dentário com uma única fileira de dentes; placa gular ausente.

7.6.3 Diagnose do Gênero (emendada; FOREY, 1977)

Peixe paquyrrizodôntido, no qual a caixa craniana não possui marcada depressão ao nível de autesenfótico; dermetmoide com projeções laterais; dilatador de fossa sem caixa completa; pterótico produzindo um curto espinho; exoccipitais encontrando-se acima, mas não abaixo do forâmen magno; elementos endocondrais da região ótica da caixa craniana unidos por suturas interdigitadas, sem fenestra entre autesenfótico e pterótico; face lateral do pró-ótico com uma crista bem desenvolvida, seguindo da abertura posterior do canal jugular até o forâmen da artéria orbital; vômer com dois dentes recurvados; ectopterigoide com curto processo dorsal e uma única fileira de dentes pontiagudos; ceratoial anterior fenestrado; infraorbitais posteriores sobrepondo o pré-opérculo; pré-opérculo com ramo vertical truncado, produzindo um processo ântero-ventralmente, semelhante a um espinho; opérculo com margem ventral oblíqua, interopérculo tão comprido quanto profundo; margem posterior do

cleitro escavado em oposição à inserção da nadadeira; raios da nadadeira caudal não cruzam os hipurais em ângulo agudo; pequenas escamas, ovóides e marcadas por círculos nas regiões ventral e dorsal, na região posterior com fina radiação de cristas, foco central; escamas se estendem sobre a base das nadadeiras caudal, dorsal e anal.

7.6.4 Diagnose da Espécie (emendada; FOREY, 1977)

Rhacolepis atinge 250 mm de comprimento total; comprimento da cabeça igual a 22 % do comprimento padrão; profundidade máxima do tronco igual a 17-19 % do comprimento padrão; contagem de raios de nadadeiras, P. 16-17, V. 10-11; número total estimado de vértebras pré-urais 55-65, das quais cerca de 20 são caudais; nadadeiras pareadas curtas; nadadeira pélvica originando-se atrás do nível da nadadeira dorsal e situada mais próxima ao pedúnculo caudal do que a nadadeira peitoral; infraorbitais posteriores duas vezes mais amplos que profundos; diâmetro da órbita igual a cerca de 20 % do comprimento da região cefálica; pré-maxilar igual a 21 % do comprimento do maxilar, com cerca de 10 dentes marginais; maxilar com cerca de 35 dentes; dentário com aproximadamente 35 dentes; canal sensorial do pré-maxilar com 8-10 ramos ventrais; cerca de 90 escamas na linha lateral, aproximadamente 20 escamas na série anterior à nadadeira dorsal, escamas mais profundas que longas, profundamente sobrepostas.

7.7 Espécie-tipo

Rhacolepis buccalis Agassiz, 1841

7.8 Holótipo

The Natural History Museum, BMNH P 4314 a.

7.9 Localidade-tipo

Chapada do Araripe, Formação Santana, Ceará, Jardim.

7.10 Descrição e comparação do material estudado

7.10.1 Caixa craniana

7.10.1.1 Frontal (figuras 81, 82, 83, 84, 85 e 86)

Os frontais estão em contato póstero-lateralmente com dermesfenótico e posteriormente com pteróticos e parietais. Na região posterior dos frontais suturam-se com o

supraoccipital. As suturas entre região anterior dos frontais, e região posterior do dermoetmoide, são realizadas por duas projeções posteriores desta estrutura. Deste modo há uma pequena fontanela entre as porções anteriores dos frontais e a região posterior do dermoetmoide. A sutura entre os frontais, em seu terço mais posterior, na região epifisária (FOREY, 1977), torna-se complexa, pois é bastante sinuosa e interdigitada (figuras 81 e 82). Posterior e anterior à região epifisária, a sutura torna-se menos sinuosa.

anterior ← ————— → posterior
vista dorsal

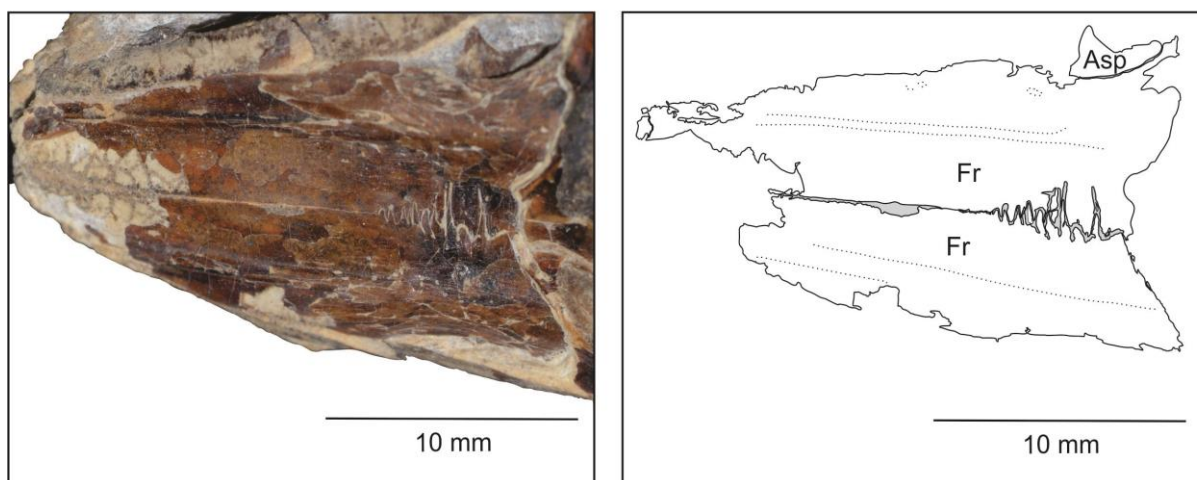


Figura 81. Espécime URC P • 322. **Asp**: autesfenótico; **Fr**: frontal. Notar o padrão complexo de sutura entre os frontais, em sua região mais posterior. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. As linhas pontilhadas indicam as cristas longitudinais dos frontais. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← ————— → anterior
vista dorsal

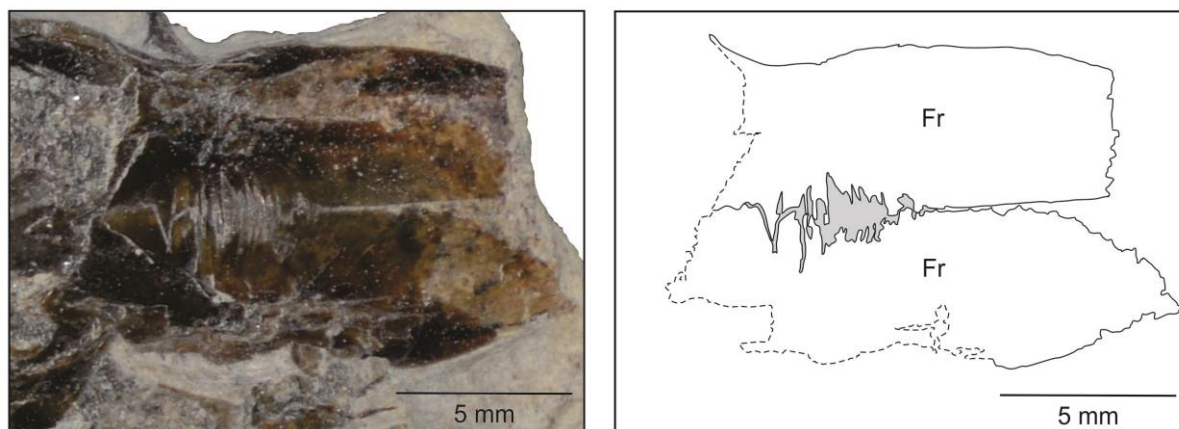


Figura 82. Espécime URC P • 279. **Fr**: frontal. Notar o padrão complexo de sutura entre os frontais em sua região mais posterior. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto as continuidade das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

A região póstero-lateral externa dos frontais possui uma concavidade (“margem lateral escavada” de FOREY, 1977), sob a qual se encontra o autesfenótico (Figura 81). Dorsalmente os frontais apresentam cristas de sentido longitudinal (figuras 81 e 83), em cujas imediações ocorreriam aberturas do canal sensorial supraorbital. Estas aberturas não foram observadas no material preparado.

anterior ← → posterior
vista dorsal

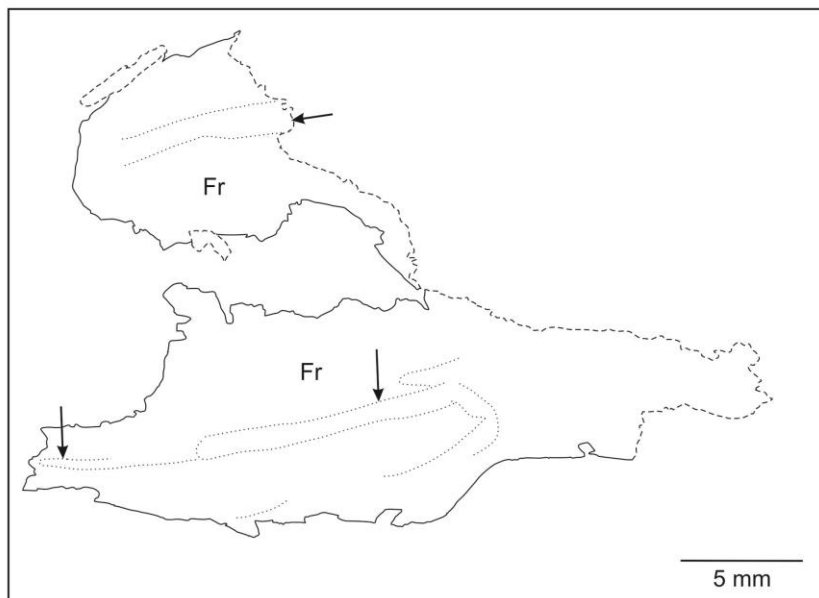


Figura 83. Espécime GP/2E 4305. **Fr:** frontal. As linhas pontilhadas indicam as cristas longitudinais dos frontais, também indicadas por setas. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior

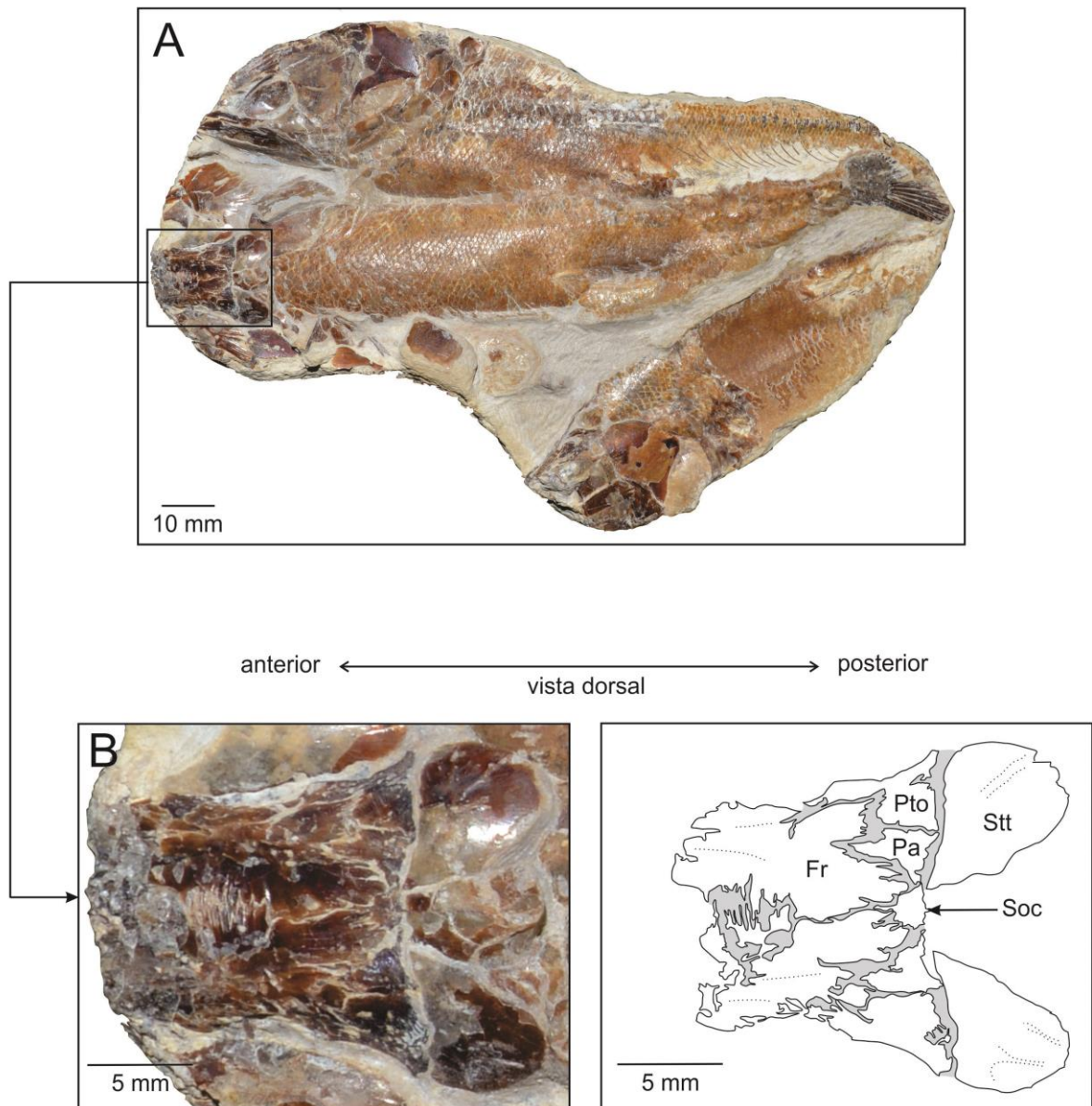


Figura 84. Espécime GP/2E 2989. **A:** Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe do teto craniano de um dos espécimes desta concreção. **Fr:** frontal; **Pa:** parietal; **Pto:** pterótico; **Soc:** supraoccipital; **Stt:** supratemporal. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora).

7.10.1.2 Parietal (Figura 84 B)

Os parietais anteriormente são suturados aos frontais, a face lateral externa está suturada aos pteróticos, a face lateral interna ao supraoccipital, e posteriormente está suturado aos supratemporais. Aparentemente não há nenhum poro nos parietais.

7.10.1.3 Pterótico (figuras 84 B, 85 e 86)

Os pteróticos, em vista dorsal, estão ântero-lateralmente em contato com os frontais, medianamente com os parietais e póstero-lateralmente em contato com os epióticos. Em vista lateral anteriormente está em contato com o autesfenótico, ântero-ventralmente estaria em contato com o pró-ótico, látero-ventralmente em contato com o exoccipital, e póstero-ventralmente com o intercalar. A parede lateral do pterótico compõe a metade posterior do dilatador de fossa, e a faceta do hiomandibular (FOREY, 1977). O canal sensorial temporal correria dorsalmente, margeando as bordas do pterótico, e sua abertura seria lateral, para o recebimento do canal sensorial pré-opercular. Ambos, canal sensorial temporal e poro, não foram observados em nenhum dos materiais preparados.

7.10.1.4 Supraoccipital (figuras 84 B e 87)

O supraoccipital é um elemento ímpar, possuindo formato irregular e uma crista dorsal, posteriormente direcionada. Em vista dorsal anteriormente é suturado aos frontais, lateralmente com os parietais, estando entre estes, e suas projeções posteriormente direcionadas, suturadas ao intercalar. Estas projeções posteriores são parcialmente sobrepostas pelos supratemporais. Em um dos materiais preservados (Figura 87) é possível observar uma abertura na projeção posterior direita, e há um equivalente na projeção posterior esquerda. Esta abertura deve se comunicar com o canal que corre pelos supratemporais (comissura supratemporal).

7.10.1.5 Autesfenótico (figuras 81, 85 e 86)

O autesfenótico, em vista dorsal (Figura 81), possui uma projeção lateral que se assemelha à um espinho, posteriormente direcionado. Em vista lateral possui a maior parte de sua região dorsal suturada ao frontal, sendo apenas as porções póstero-dorsal e posterior suturadas ao pterótico. Anteriormente o autesfenótico é suturado ao pteroesfenoide e ventralmente seria suturado ao pró-ótico, que não foi preservado em nenhum dos materiais preparados. Como observado por Forey (1977), a face posterior do espinho produzido pelo autesfenótico forma a metade anterior da faceta para o hiomandibular, a outra metade sendo formada pelo pterótico.

7.10.1.6 Pteroesfenoide (figuras 85 e 86)

Os pteroesfenoides possuem morfologia geral aproximadamente quadrangular, e são anteriormente suturados ao orbitoesfenoide. Dorsoanteriormente cada pteroesfenoide é

suturado ao frontal, e dorsoposteriormente ao autesenfítico. Ventralmente cada pteroesfenoide seria suturado ao pró-ótico.

anterior ← → posterior

vista ventral oblíqua

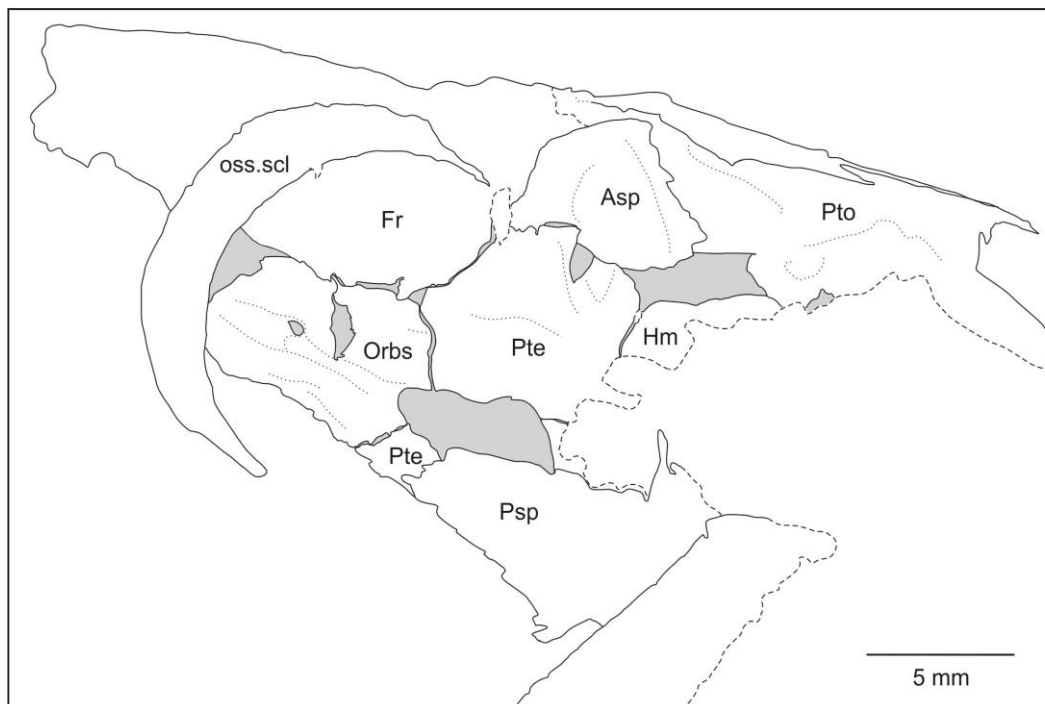


Figura 85. Espécime GP/2E 5514. **Asp:** autesenfítico; **Fr:** frontal; **Hm:** hiomandibular; **Orbs:** orbitoesfenoide; **oss.scl:** ossículos escleróticos; **Psp:** paresfenoide; **Pte:** pteroesfenoide; **Pto:** pterótico. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

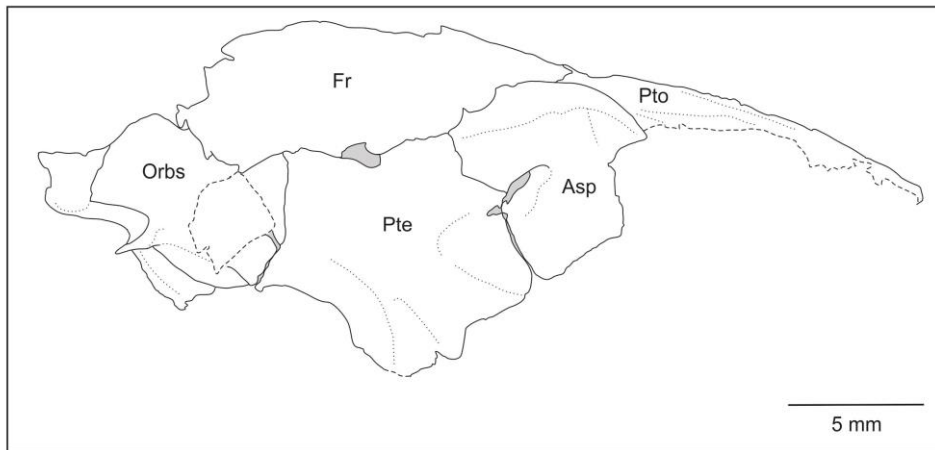


Figura 86. Espécime GP/2E 8087a. **Asp:** autesfenótico; **Fr:** frontal; **Orbs:** orbitoesfenoide; **Pte:** pteroesfenoide; **Pto:** pterótico. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas e estrutura sobreposta. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista dorsal

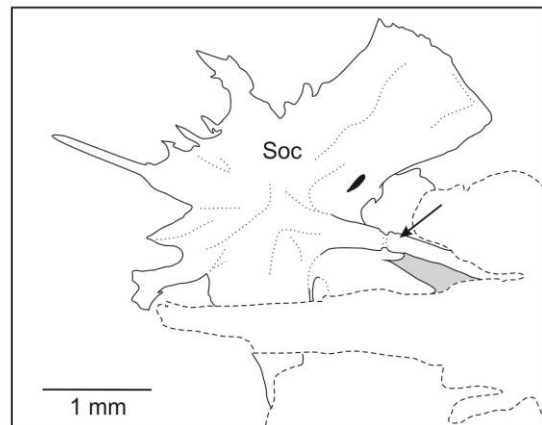


Figura 87. Espécime GP/2E 8096. **Soc:** supraoccipital. A seta aponta para a crista do supraoccipital. Preenchimento em preto indica abertura natural. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.1.7 Orbitoesfenoide (figuras 85 e 86)

O orbitoesfenoide é uma estrutura ímpar, cuja região dorsal é suturada aos limites ventrais dos frontais. Ventralmente (Figura 86) as projeções mais posteriores estão, cada uma, suturadas a um pteroesfenoide. A abertura anteriormente disposta no orbitoesfenoide é o forâmen para o nervo olfativo (I). A abertura, ventral ao orbitoesfenoide, na qual esta estrutura, pteroesfenoides e pró-óticos delimitam a morfologia da cavidade, é o forâmen para o nervo troclear (IV).

7.10.1.8 Dermoetmoide (figuras 88 e 89)

O dermoetmoide, em vista dorsal, apresenta sua porção anterior arredondada, devido à duas expansões ântero-laterais, arredondadas e dorsalmente convexas. Posterior às expansões, a estrutura apresenta um ligeiro estreitamento, após o qual partem duas projeções posteriormente direcionadas. Estas projeções posteriores estariam sob as porções anteriores dos frontais. As expansões ântero-laterais abrigariam a porção dorsal do etmoide lateral e consistiram de suporte para a projeção dorsal do pré-maxilar. Ventralmente a extremidade anterior do dermoetmoide estaria em contato com o vômer (FOREY, 1977).

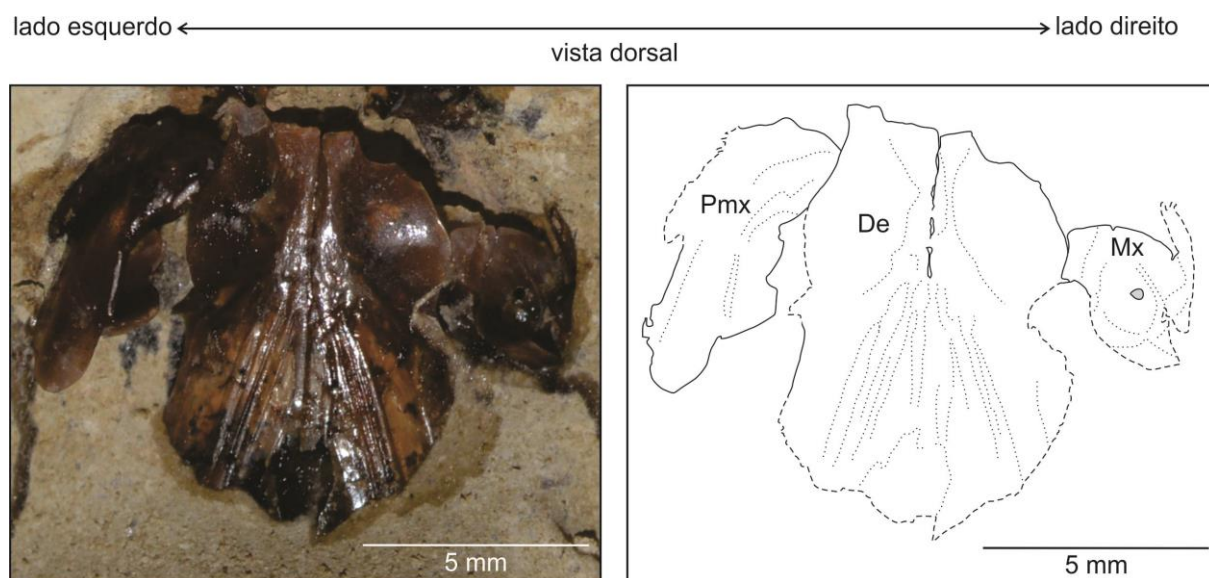


Figura 88. Espécime GP/2E 2167. **De:** dermoetmoide; **Mx:** maxilar; **Pmx:** pré-maxilar. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. Preenchimento em cinza indica abertura. (Figura elaborada pela autora).

7.10.1.9 Paresfenoide (figuras 85 e 90)

O paresfenoide anteriormente encontraria vômer e dermoetmoide. Esta região anterior, com estas três estruturas ósseas, não foi preservada em nenhum dos materiais

preparados. Em direção à região posterior, após a região orbital, haveria um ângulo que marcaria a inserção do basisfenoide. Neste ponto haveria o canal buco-hipofiseal. Em direções posterior e ascendente estaria o forâmen para a artéria carótida interna. A superfície ventral do paresfenoide não encontraria o basioccipital, resultando em um miódomo aberto (FOREY, 1977).

anterior ← ————— → posterior
vista dorsal

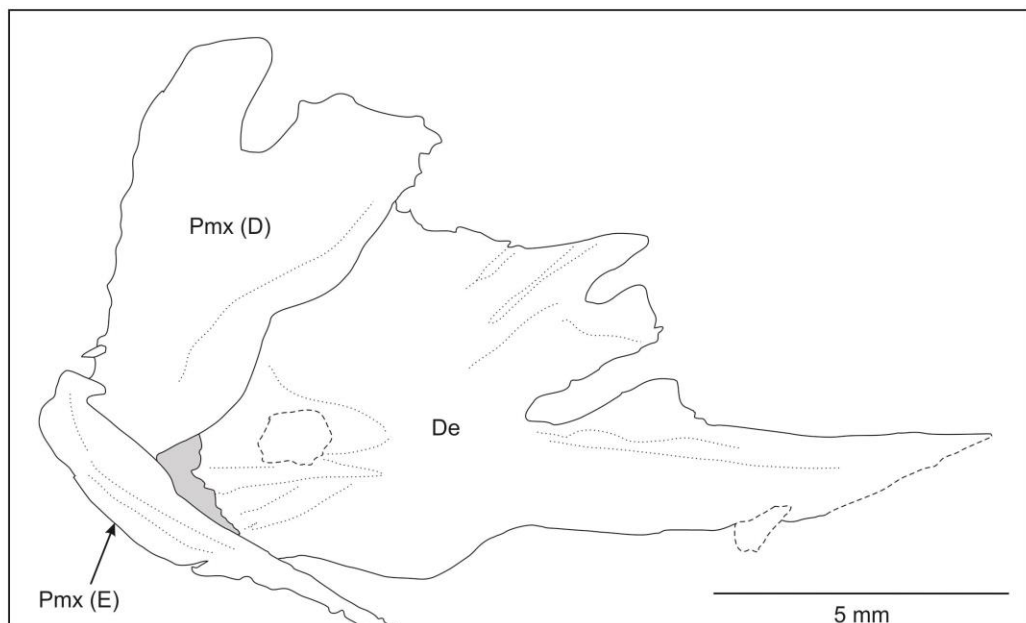


Figura 89. Espécime GP/2E 4305. **De:** dermoetmoide; **Pmx (D):** pré-maxilar direito; **Pmx (E):** pré-maxilar esquerdo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Preenchimento em cinza indica espaço entre as estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora).

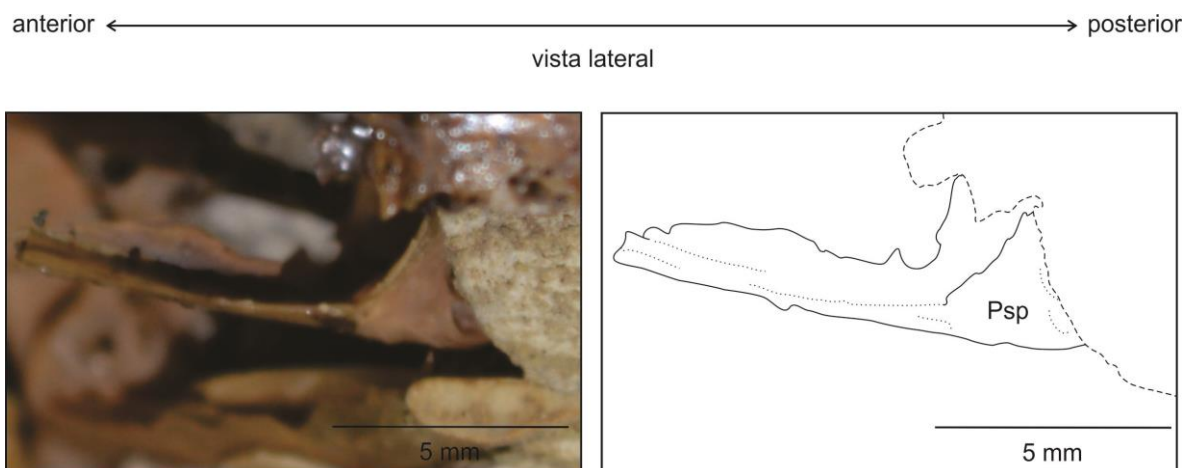


Figura 90. Espécime GP/2E 5514. **Psp:** paresfenoide. Linha tracejada representa estrutura sobreposta. (Figura elaborada pela autora).

7.10.2 Série hiopalatina

7.10.2.1 Hiomandibular (Figura 85)

Dos espécimes preparados, apenas um (GP/2E 5514) apresenta a extremidade dorsal de um hiomandibular. Este elemento ósseo possuiria disposição vertical, sendo que a extremidade dorsal representada, em posição anatômica, articularia com sulcos de autesfenótico e pterótico. De acordo com Forey (1977), em direção ventral, o eixo do hiomandibular é moderadamente largo. Em sua extremidade ventral, a face anterior seria coberta pelo metapterigoide. Nenhum forâmen foi observado na estrutura.

7.10.2.2 Quadrado (Figura 91)

São estruturas de morfologia semelhante a um triângulo equilátero (FOREY, 1977). A metade superior de sua face anterior estaria suturada ao ramo descendente do ectopterigoide. A face posterior possui um entalhe que acomodaria o simplético. Ventralmente seu processo articula-se com a faceta para articulação do quadrado, composta pelo ângulo-articular.

7.10.2.3 Ectopterigoide (figuras 92 e 93)

O ectopterigoide (*sensu* FOREY, 1977) é uma estrutura alongada, com a extremidade anterior possuindo morfologia em V, e a extremidade posterior apresentando dois prolongamentos, cada um em contato com um elemento ósseo distinto. Anteriormente estaria em contato com o palatino, dorsalmente com o endopterigoide, sua extremidade posterior superior contactaria o metapterigoide e a extremidade posterior inferior está em contato com o

quadrado. Ventralmente, no espécime que possui parte do ectopterigoide preservado, foi observada a presença de alguns dentes, ligeiramente recurvados posteriormente. Aparentemente ocorrem dentes dispostos lateralmente, conferindo um aspecto com mais de uma fileira de dentes, pois a disposição dos mesmos não apresenta similaridade com o padrão de dentes de substituição. Por outro lado, os dentes não são pareados ao longo de todo o fragmento preservado, o que pode ser resultante de uma variação merística.

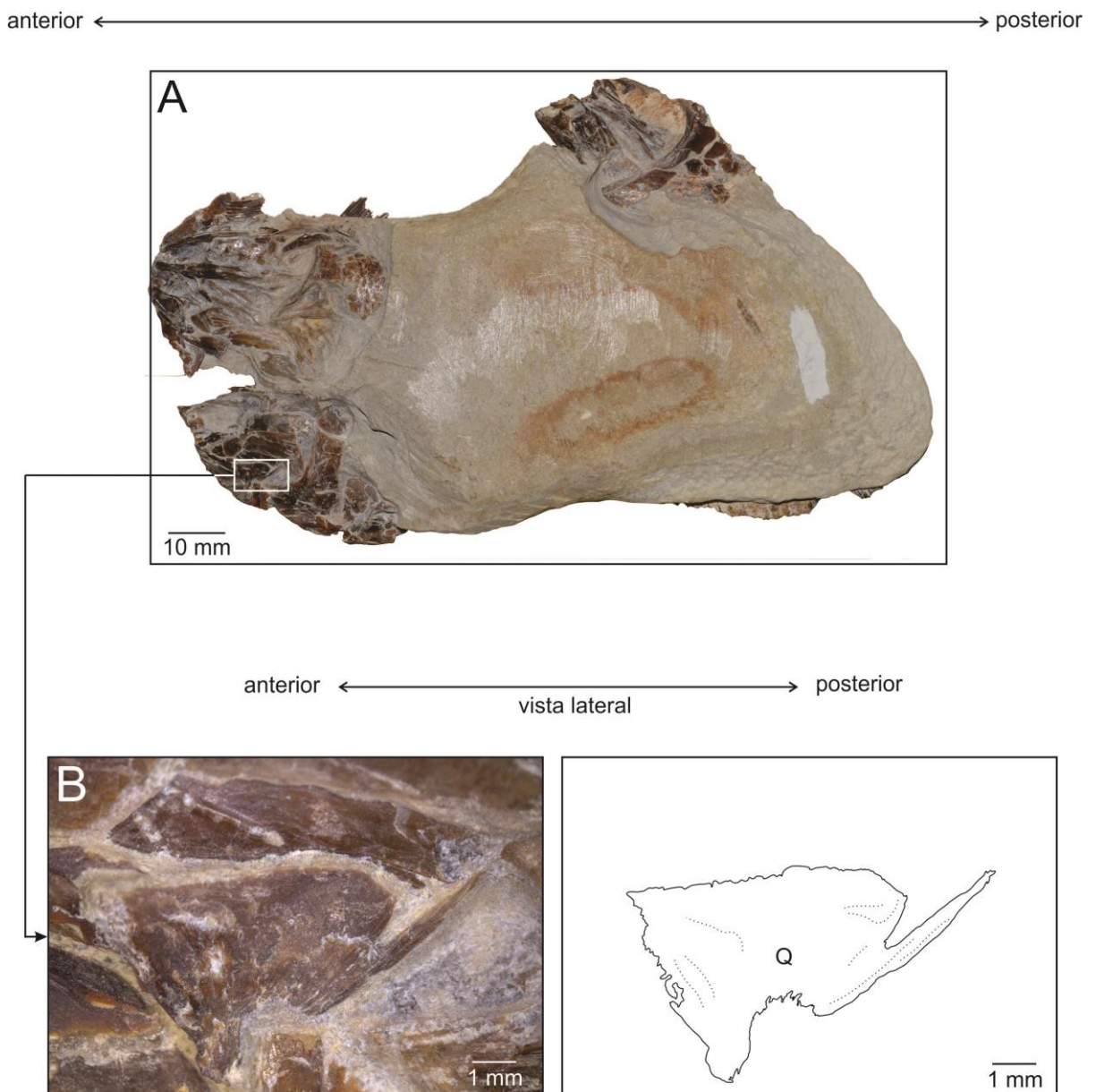


Figura 91. Espécime GP/2E 2989. A: Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. B: detalhe de um dos espécimes da concreção. Q: quadrado. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral oblíqua

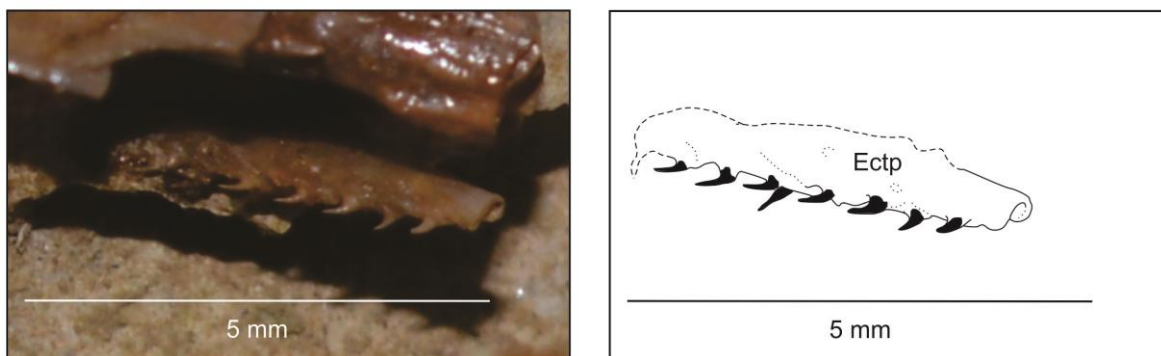


Figura 92. Espécime GP/2E 4305. **Ectp:** ectopterygoide. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral - face oral

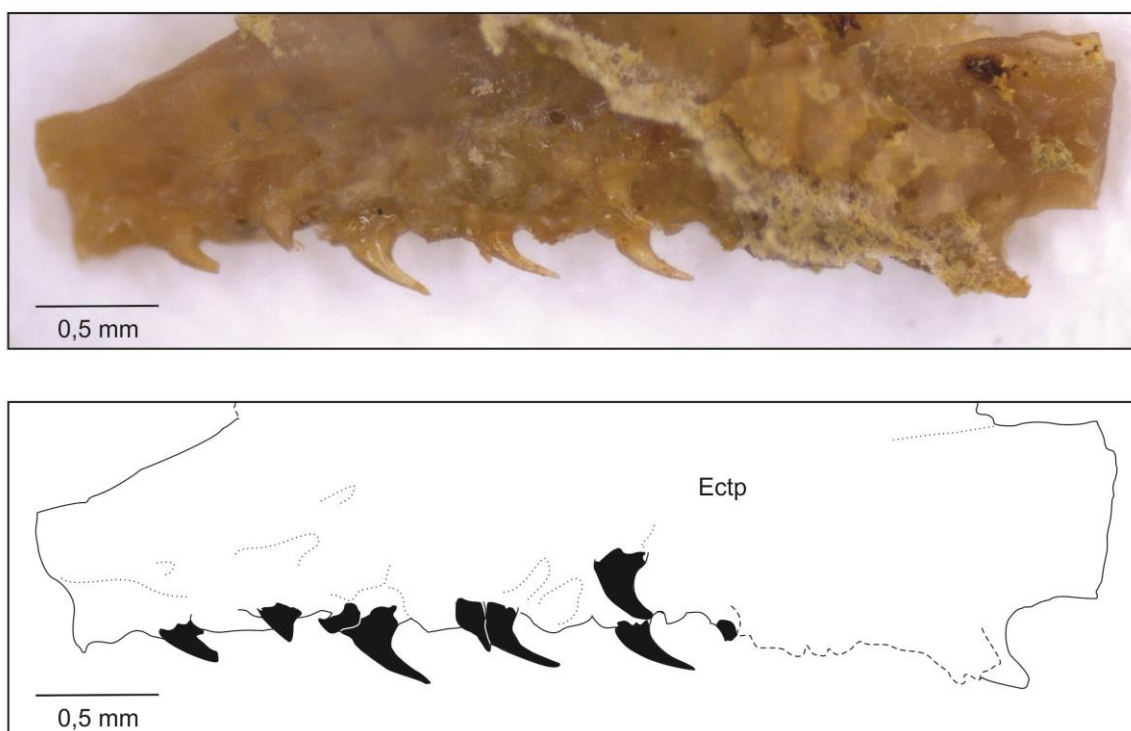


Figura 93. Espécime GP/2E 4305. **Ectp:** ectopterygoide. Este ectopterygoide é o mesmo representado na Figura 92, ampliado e exibindo a face oral. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Notar alguns dentes que ocorrem dispostos lateralmente. (Figura elaborada pela autora).

7.10.3 Ossos dérmicos maxilares

7.10.3.1 Pré-maxilar (figuras 88, 89, 94 e 95)

O pré-maxilar, em vista lateral labial, possui corpo robusto, em posição aproximadamente horizontal e uma delgada expansão óssea ligeiramente perpendicular ao

pré-maxilar. Esta expansão óssea se apoiaria na borda ântero-lateral dorsalmente convexa do dermoetmoide. Em vista lateral oral há anteriormente um sulco com borda espessa, portando um dente interno, maior que os demais dentes pré-maxilares. Este sulco pode ter abrigado o ligamento pré-maxilar / etmoide (FOREY, 1977). No espécime com melhor preservação dos dentes pré-maxilares, cinco destes, posteriormente recurvados, puderam ser observados.

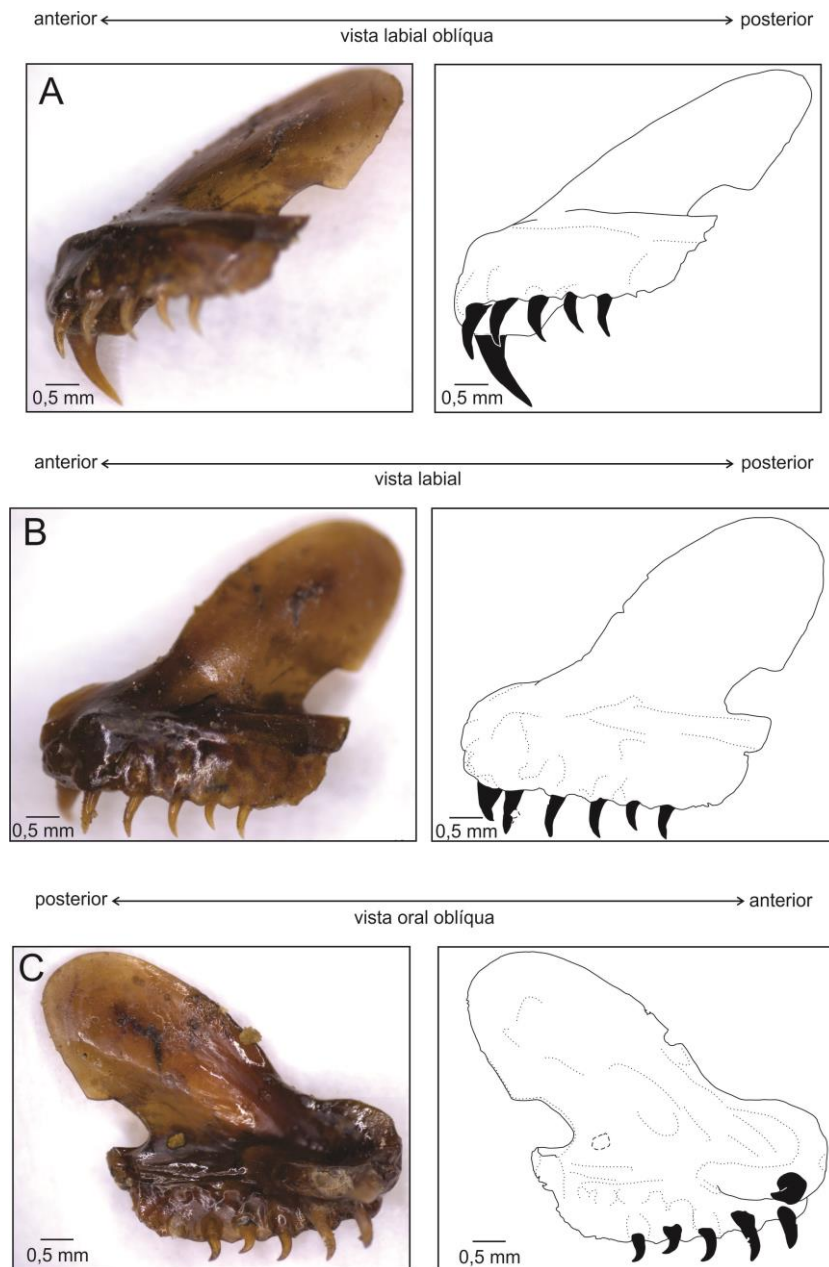


Figura 94. Espécime GP/2E 2167. **A:** pré-maxilar esquerdo em vista labial; **B:** pré-maxilar esquerdo em vista labial oblíqua, evidenciando maior dimensão do dente interno; **C:** pré-maxilar esquerdo em vista oral oblíqua. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral

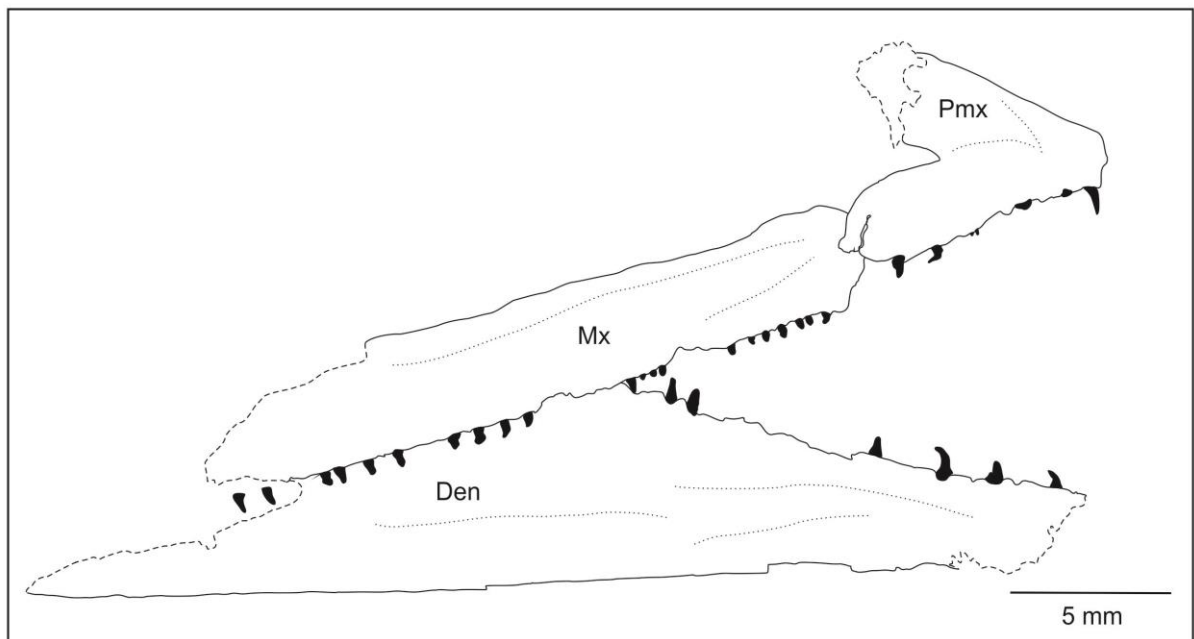


Figura 95. Espécime GP/2E 4305. **Den:** dentário; **Mx:** maxilar; **Pmx:** pré-maxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades de estruturas e estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.3.2 Supramaxilar (Figura 96)

Apenas a região proximal de um supramaxilar foi preservada. Ela apresenta uma ligeira convexidade dorsal em sua extremidade proximal e, em direção região anterior, um pequeno estreitamento, seguido de um curto prolongamento de mesma altura. O comprimento total da estrutura não pode ser observado.

anterior ← → posterior

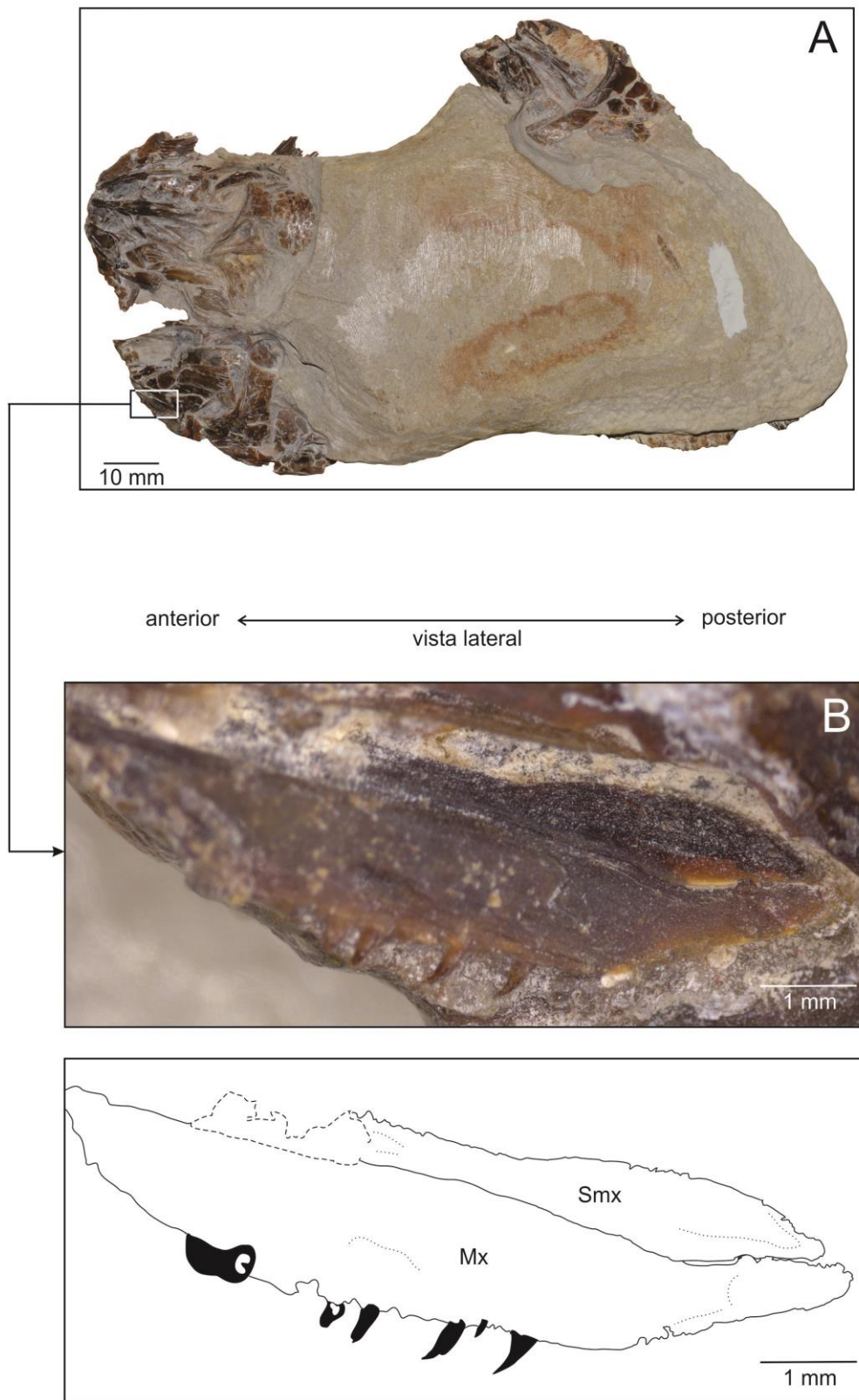


Figura 96. Espécime GP/2E 2989. **A:** Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção. **Mx:** maxilar; **Smx:** supramaxilar. As estruturas preenchidas em preto são dentes. (Figura elaborada pela autora).

7.10.3.3 Maxilar (figuras 88, 95, 96 e 97)

O maxilar aparentemente possui a mesma altura ao longo de toda a estrutura, resultando em um aspecto semelhante a um bastão. Sua extremidade anterior seria unida ao pré-maxilar, sendo a extremidade posterior do corpo do pré-maxilar sobreposto à extremidade anterior do maxilar. A fossa presente na extremidade anterior do maxilar, segundo Forey (1977), pode ter contido um ligamento. Vinte e um dentes, ligeiramente recurvados, foram contados na borda da estrutura. Em vista mesial, o maxilar apresenta mais de uma fileira de dentes, existindo em um dos espécimes 35 alvéolos (Figura 97).

posterior ← → anterior
vista lateral

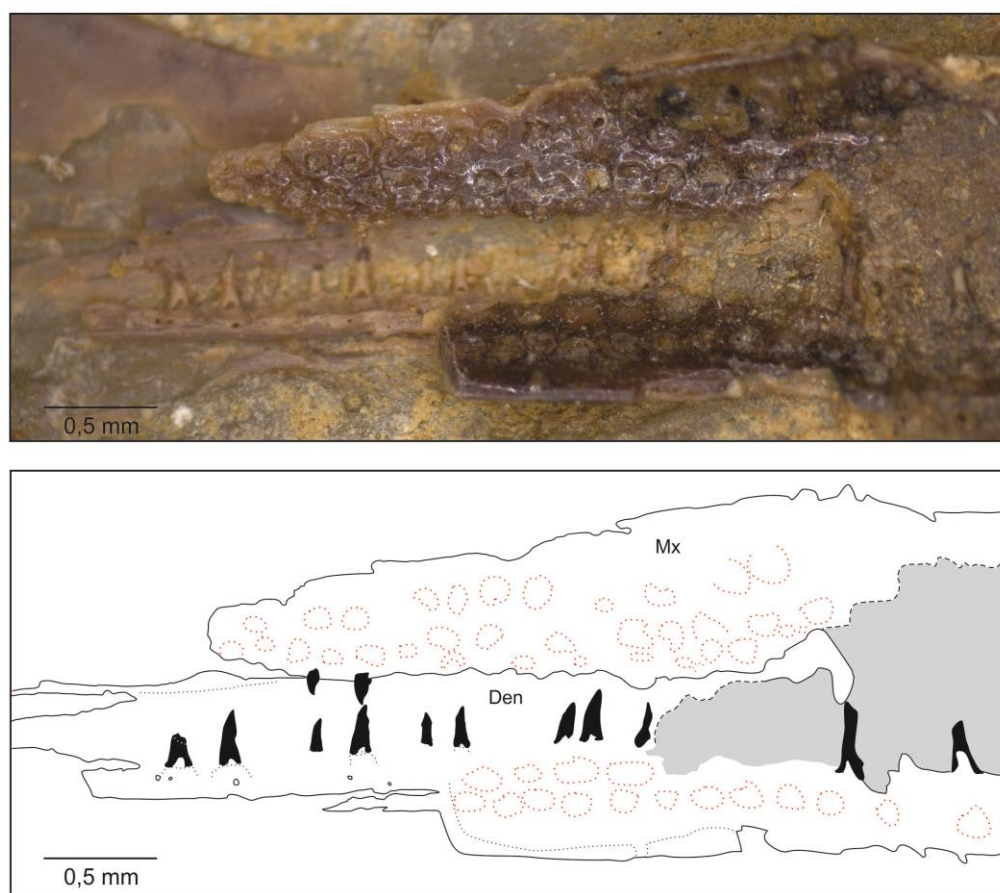


Figura 97. Espécime GP/2E 3423. **Den:** dentário; **Mx:** maxilar. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As estruturas preenchidas em preto são dentes. Preenchimento em cinza indica resina. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.4 Mandíbula

7.10.4.1 Dentário (figuras 95, 97 e 98)

Em vista lateral, a maior altura do dentário ocorre na apófise e sua borda ventral é reta. É o maior elemento da mandíbula. Posteriormente o dentário é fusionado ao ângulo-

articular. O dentário possui três fileiras de dentes, sendo aqueles da borda, da extremidade distal, ligeiramente curvos posteriormente. Os dentes, *in loco*, são perpendicularmente direcionados em vista oclusal, em relação ao dentário. Na borda foram observados 21 dentes em um espécime (GP/2E 4305), e em outro espécime (GP/2E 5514), em vista oclusal, 24 dentes *in loco* e mais 56 alvéolos.

anterior ← ————— → posterior
vista oclusiva

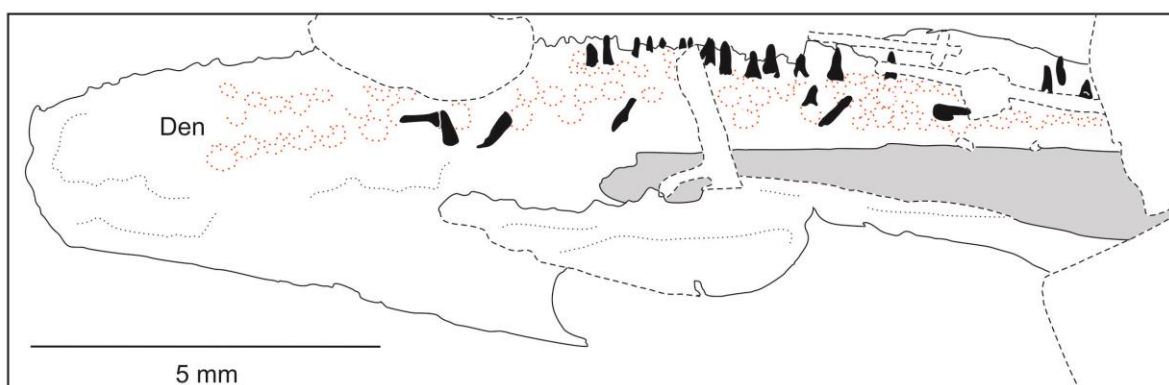


Figura 98. Espécime GP/2E 5514. **Den:** dentário. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As estruturas preenchidas em preto são dentes. Preenchimento em cinza indica espaço entre as estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades de estruturas e estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.4.2 Ângulo-articular (Figura 99)

Em vista mesial, o ângulo-articular possui uma concavidade na altura do processo coronóide, e ocorre ornamentação póstero-ventral com cristas. O canal sensorial mandibular se abriria na superfície labial do ângulo-articular por três poros, e na superfície mesial haveria um poro anteriormente direcionado (FOREY, 1977). O poro que estaria presente não foi observado, possivelmente tendo sido preenchido por sedimento.

anterior ← → posterior

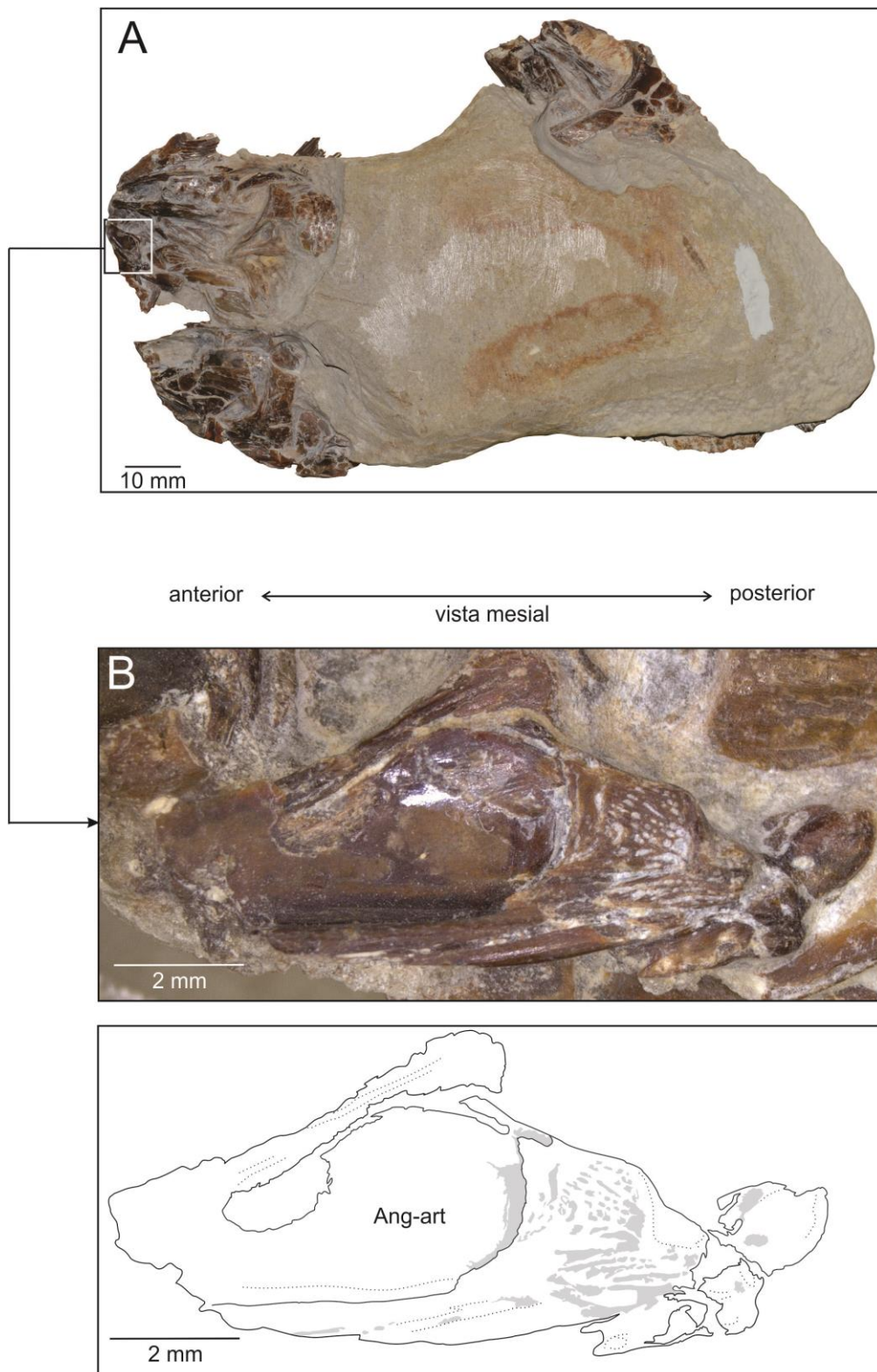


Figura 99. Espécime GP/2E 2989. **A:** Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção. **Ang-art:** ângulo-articular. Preenchimentos em cinza indicam sedimentos. (Figura elaborada pela autora).

7.10.4.3 Dentição (figuras 92, 93, 94, 95, 96, 97 e 98)

Os dentes observados são cônicos e sem ornamentações. Os dentes do ectopterigoide possuem o tipo 1 de fixação, enquanto os dentes pré-maxilares, maxilares e mandibulares possuem o tipo 2 de fixação (*sensu* FINK, 1981), o que será adequadamente discutido ao final desta seção.

7.10.5 Arco hioideo

7.10.5.1 Ceratoiais anteriores (figuras 100 e 101)

Os ceratoiais, passíveis de observação, são os anteriores. Segundo Forey (1977), o ceratoial anterior suportaria um profundo sulco lateral e teria uma fenestra. Dos ceratoiais anteriores, observados no material preparado, há uma ligeira curvatura lateral na porção anterior dos ceratoiais, havendo sulcos profundos apenas na região ventral das estruturas. Dorsalmente é possível observar a região anterior de um ceratoial anterior, também sulcada. Nenhuma fenestra foi observada, o que pode ser devido à impossibilidade de observação daquela estrutura em sua totalidade.

anterior ← ————— → posterior
vista lateral oblíqua

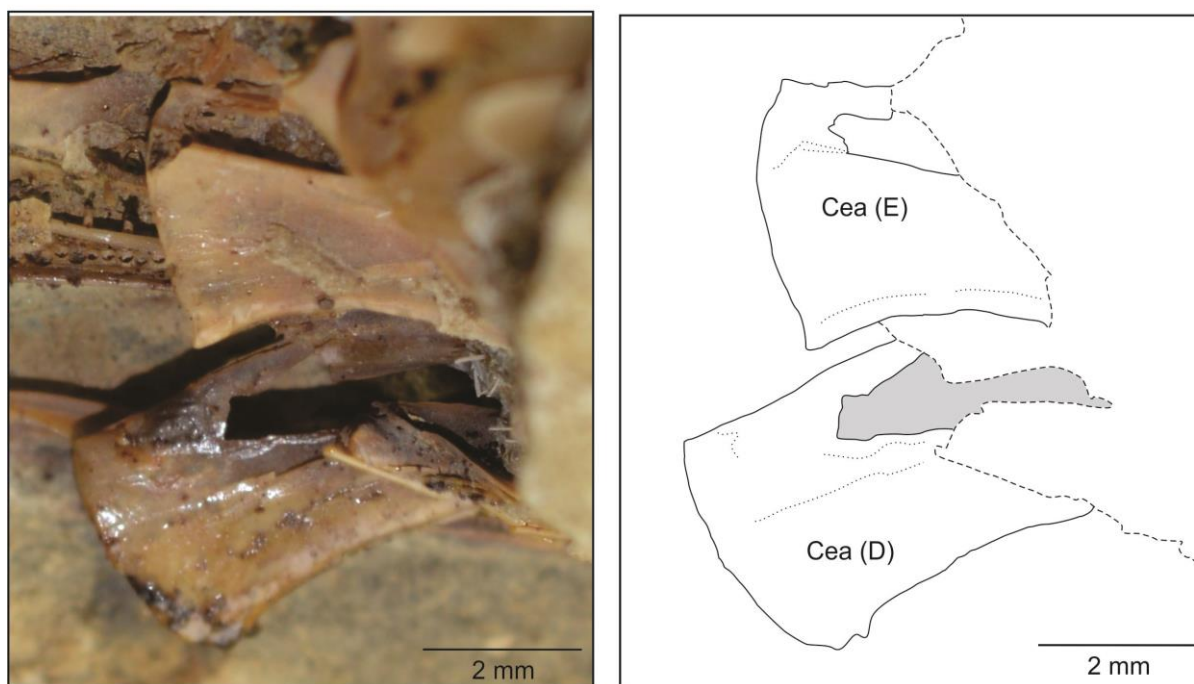


Figura 100. Espécime GP/2E 5514. **Cea (D)**: ceratoial anterior direito; **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. Preenchimento em cinza indica espaço na estrutura de interesse, possivelmente originado mediante ação da preparação química. (Figura elaborada pela autora).

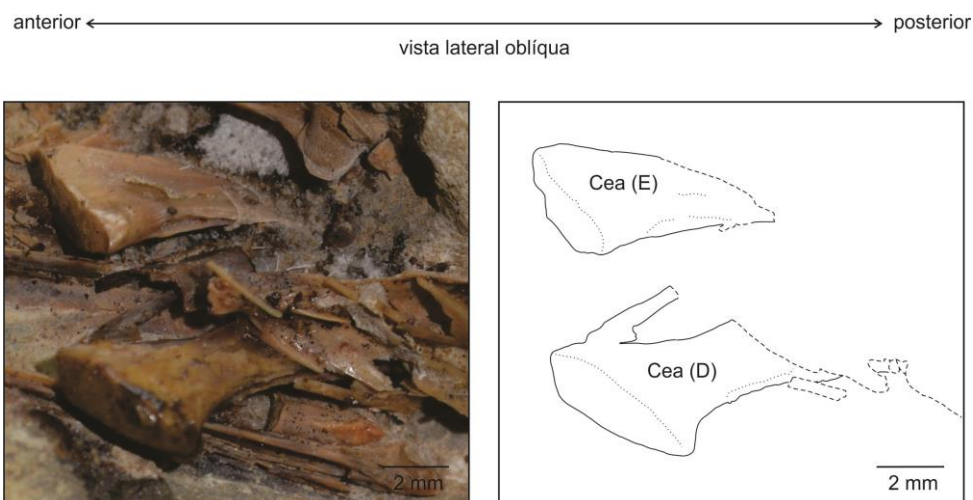


Figura 101. Espécime GP/2E 5514. **Cea (D)**: ceratoial anterior direito; **Cea (E)**: ceratoial anterior esquerdo. Notar os profundos sulcos ventrais nas estruturas. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.5.2 Raios branquiostégios (Figura 102)

Os raios branquiostégios são articulados aos ceratoiais anterior e posterior. Em um dos espécimes, preparado mecanicamente, foi possível realizar a contagem dos raios, entretanto não foi possível verificar em qual ceratoial estavam articulados.

Woodward (1887) cita a existência de 20 raios branquiostégios, sendo os 10 posteriores mais expandidos e menos espaçados entre si, em relação aos 10 anteriores. No espécime preparado mecanicamente, os raios branquiostégios mais espaçados são os oito mais anteriores, de ambos os lados. Os raios branquiostégios do lado direito são em número de 23, e do lado esquerdo em número de 25.

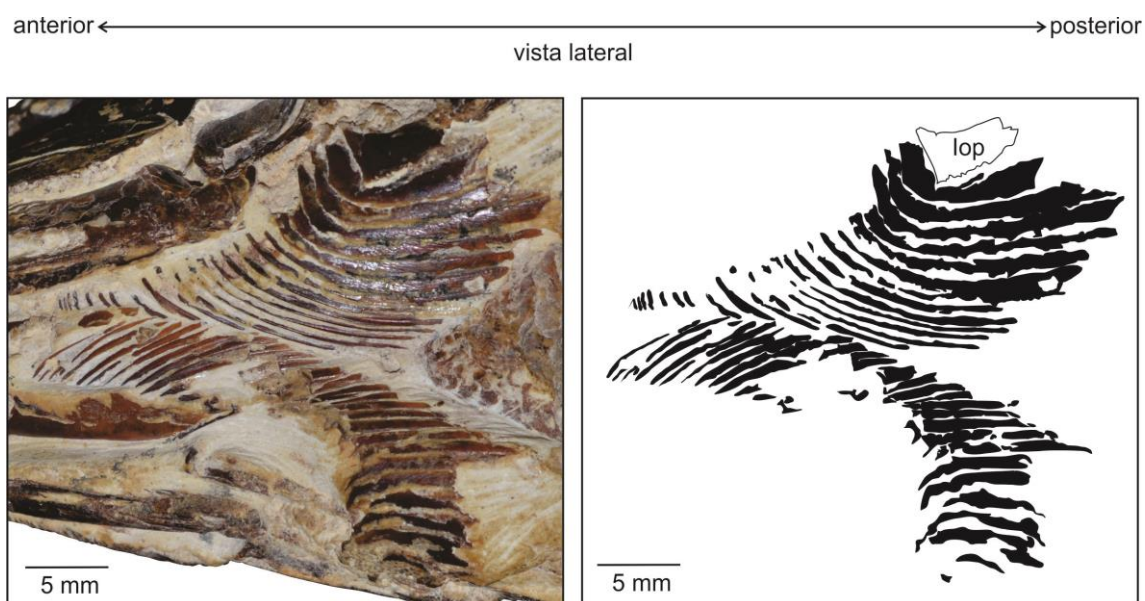


Figura 102. Espécime URC P • 317. **Iop**: interopérculo. As estruturas preenchidas em preto são os raios branquiostégios. (Figura elaborada pela autora).

7.10.5.3 Ceratobranquiais (figuras 103 e 104)

Dois ceratobranquiais puderam ser observados no material preparado, e no quarto ceratobranquial há três placas dentárias consolidadas com aquela estrutura. Ainda que apenas um dente esteja presente, muitos outros alvéolos são visíveis. Os rastros branquiais puderam ser observados no mesmo espécime, mas não consolidados nos ceratobranquiais.

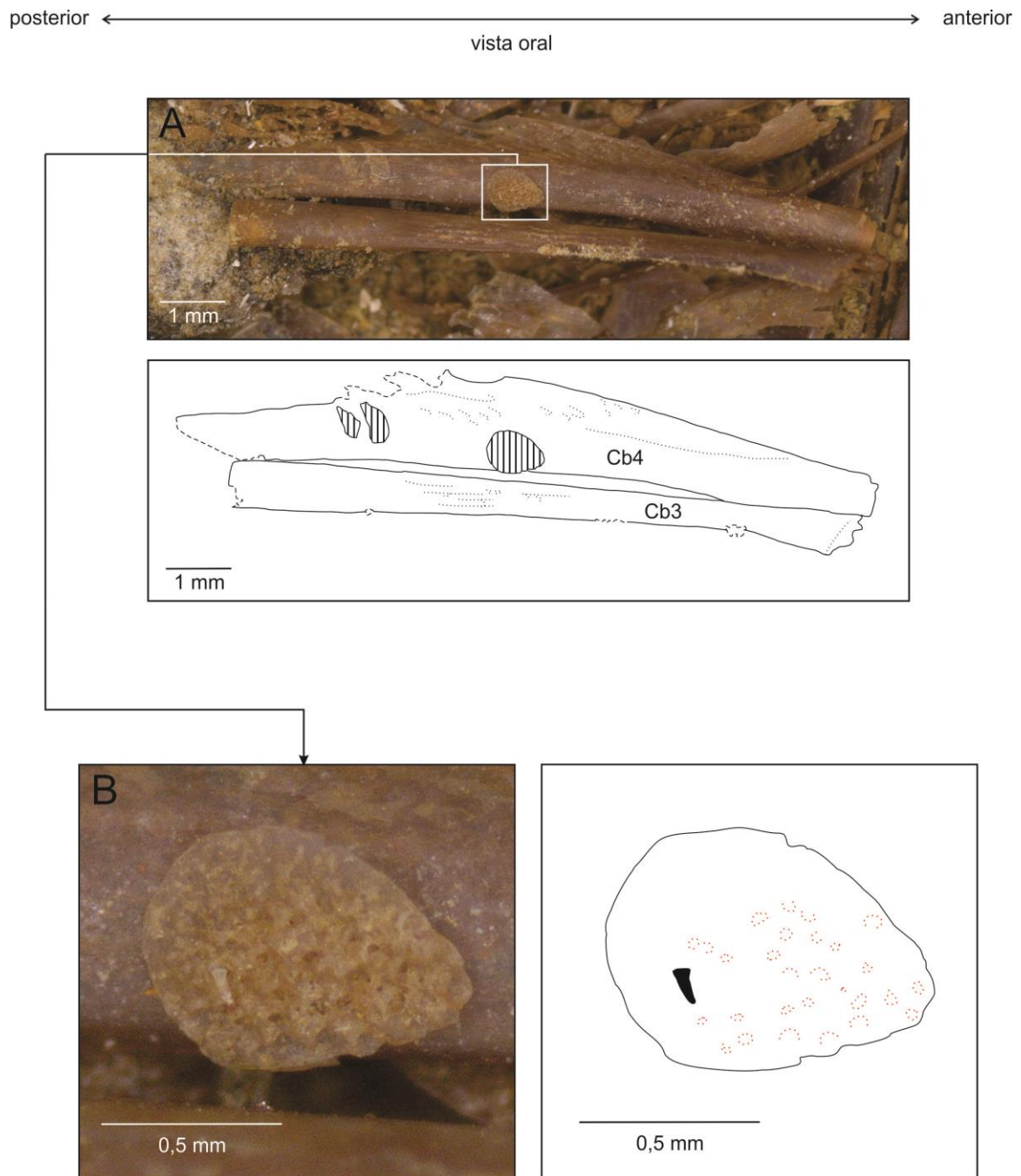


Figura 103. Espécime GP/2E 3423. **A:** visão geral dos ceratobranquiais. **B:** ampliação de uma placa dentária consolidada no quarto ceratobranquial. **Cb3:** terceiro ceratobranquial; **Cb4:** quarto ceratobranquial. As áreas hachuradas representam placas dentárias consolidadas. A estrutura preenchida em preto representa um dente. As linhas pontilhadas em vermelho representam alvéolos dentários. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral

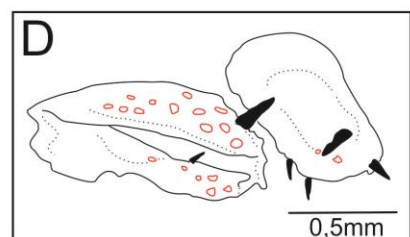
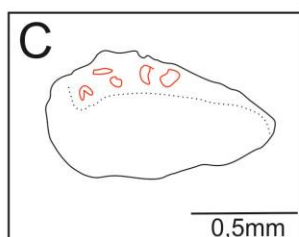
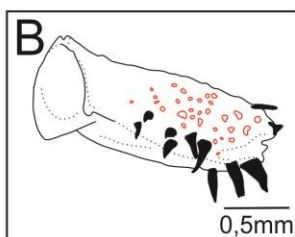
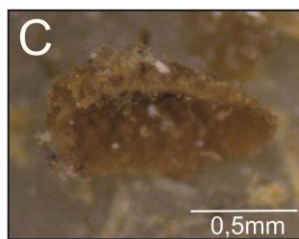
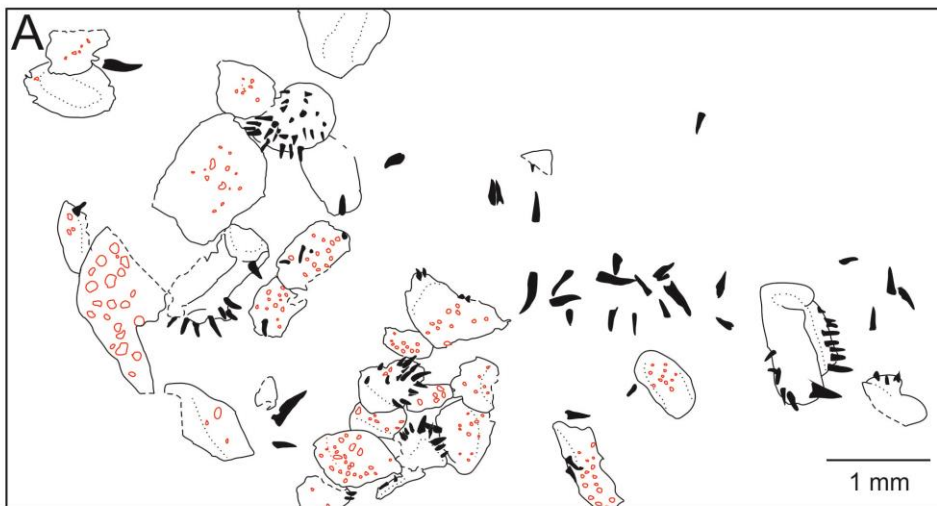


Figura 104. Espécime GP/2E 3423. Direção anterior-posterior e vista lateral referem-se ao espécime todo, não às estruturas de interesse nesta figura. **A:** visão geral de como os rastros branquiais, representados por cada estrutura contornada em preto, foram encontrados após preparação química. **B, C e D:** ampliação dos rastros branquiais exibindo suas diversas morfologias. As estruturas preenchidas em preto representam dentes. As linhas contornadas em vermelho representam cavidades que portariam dentes. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.6 Série circum-orbital

7.10.6.1 Supraorbital (figuras 105 e 106)

O supraorbital está em contato dorsolateralmente com o frontal, possui a extremidade anterior expandida, que se encontraria ventralmente com a extremidade ântero-dorsal do primeiro infraorbital. Posteriormente o supraorbital torna-se mais delgado e estaria em contato com a extremidade anterior do dermesfenótico. Ventralmente o supraorbital possui morfologia ligeiramente côncava. O canal sensorial presente no supraorbital pode ser visto em um dos espécimes, entretanto não está completo; segundo Forey (1977) não há conexão entre os canais sensoriais supraorbital e infraorbital.

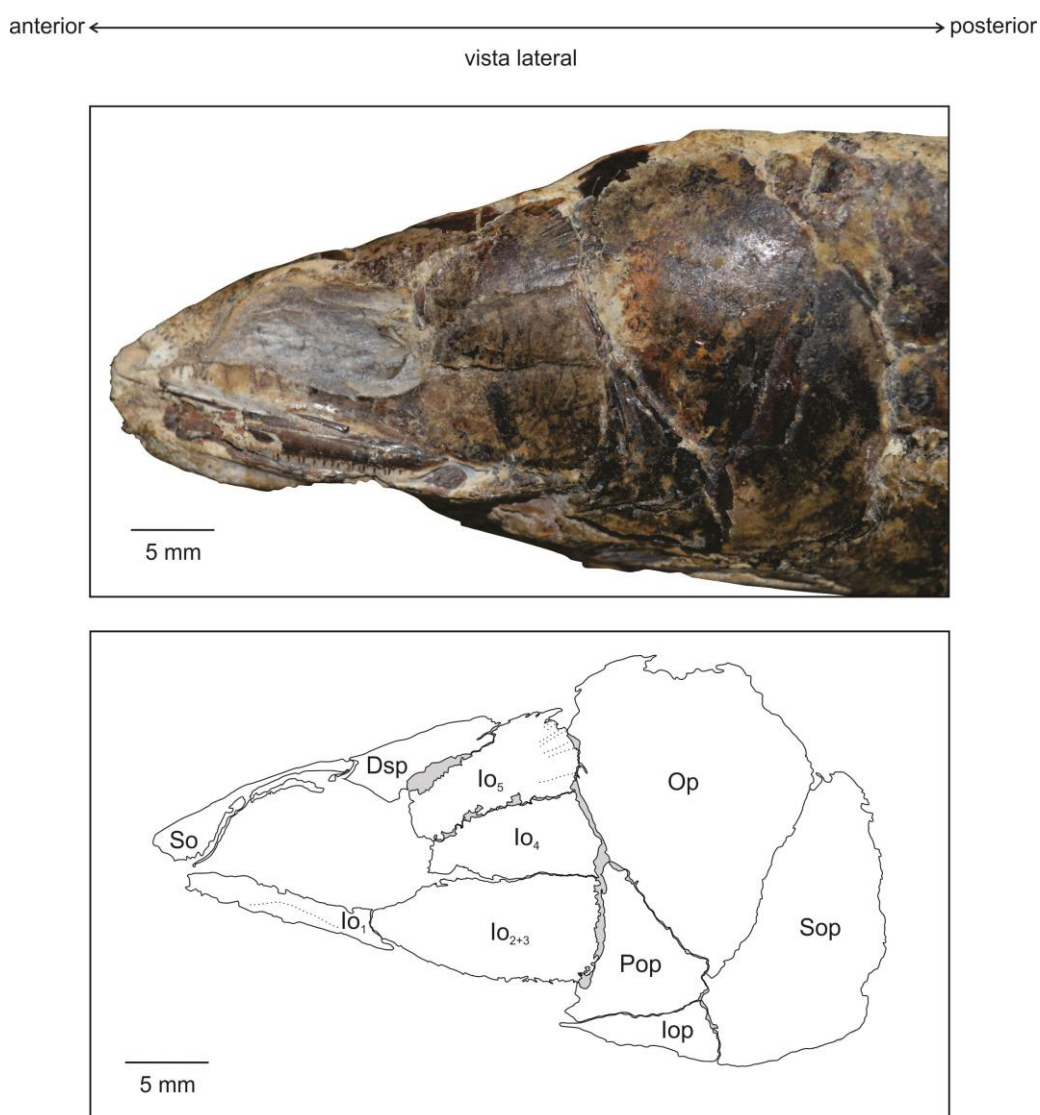


Figura 105. Espécime URC P • 322. **Dsp**: dermesfenótico; **Io₁**: infraorbital 1; **Io₂₊₃**: infraorbital 2 + 3; **Io₄**: infraorbital 4; **Io₅**: infraorbital 5; **Iop**: interopérculo; **Op**: opérculo; **Pop**: pré-opérculo; **So**: supraorbital; **Sop**: subopérculo. As linhas pontilhadas no infraorbital 5 representam ornamentações. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora).

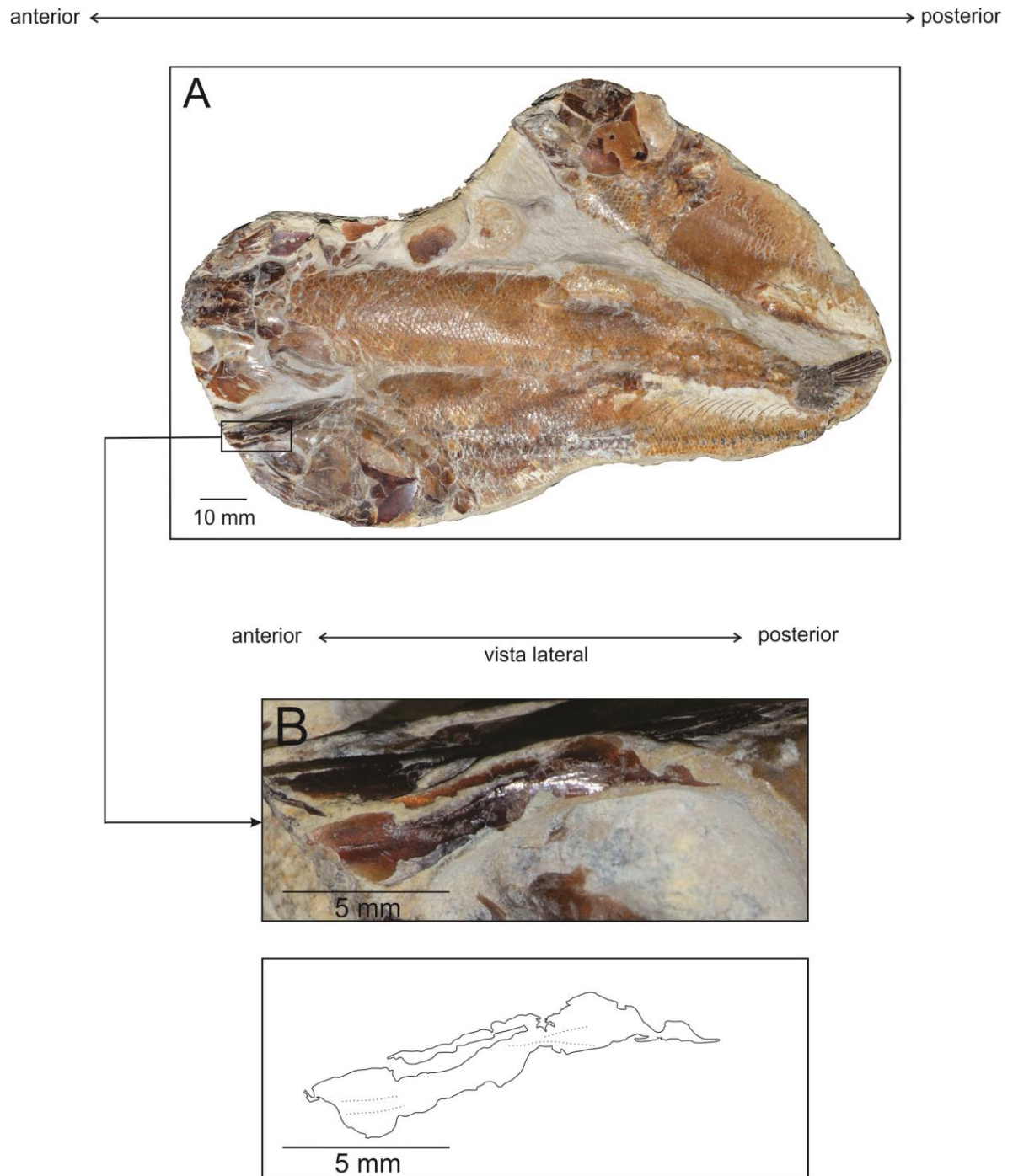


Figura 106. Espécime GP/2E 2989. **A:** Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção, a estrutura representada é o supraorbital. As linhas pontilhadas representam canais sensoriais. (Figura elaborada pela autora).

7.10.6.2 Dermesenótico (Figura 105)

O dermesfenótico anteriormente está em contato com a extremidade posterior do supraorbital, e ventralmente com o quinto infraorbital, dorsoanteriormente está em contato com o frontal e dorsoposteriormente estaria em contato com pterótico. Nenhum canal sensorial foi observado.

7.10.6.3 Série infraorbital (figuras 105, 107 e 108)

Esta série é composta por quatro elementos ósseos: infraorbital 1, infraorbital 2 + 3, infraorbital 4 e infraorbital 5. O primeiro infraorbital possui morfologia semelhante a um bastão, sua extremidade mais anterior estaria dorsalmente em contato com a extremidade ventral do supraorbital, posteriormente estaria em contato com o infraorbital 2 + 3, ventralmente estaria em contato com o maxilar, e portaria cinco ramos do canal sensorial infraorbital. O infraorbital 2 + 3 é o elemento mais alongado desta série, dorsalmente estaria em contato com o infraorbital 4, posteriormente estaria ligeiramente sobreposto ao pré-opérculo, e portaria dois ramos do canal sensorial infraorbital. O infraorbital 4 dorsalmente está em contato com a região ventral do infraorbital 5, posteriormente sobrepõe-se ao pré-opérculo e possui um ramo do canal sensorial. O último elemento desta série é o infraorbital 5, cuja área dorsal está em contato com o dermesfenótico, a região posterior sobreporia o pré-opérculo, e o canal sensorial infraorbital passa por este elemento ósseo, mas não projeta nenhuma ramificação.

O padrão de ramificação não foi devidamente preservado. Entretanto um dos exemplares (GP/2E 2989) apresenta dois infraorbitais desarticulados, com seus canais preenchidos por sedimento e fragmentados em partes de seu comprimento.

posterior ← ————— → anterior
vista lateral

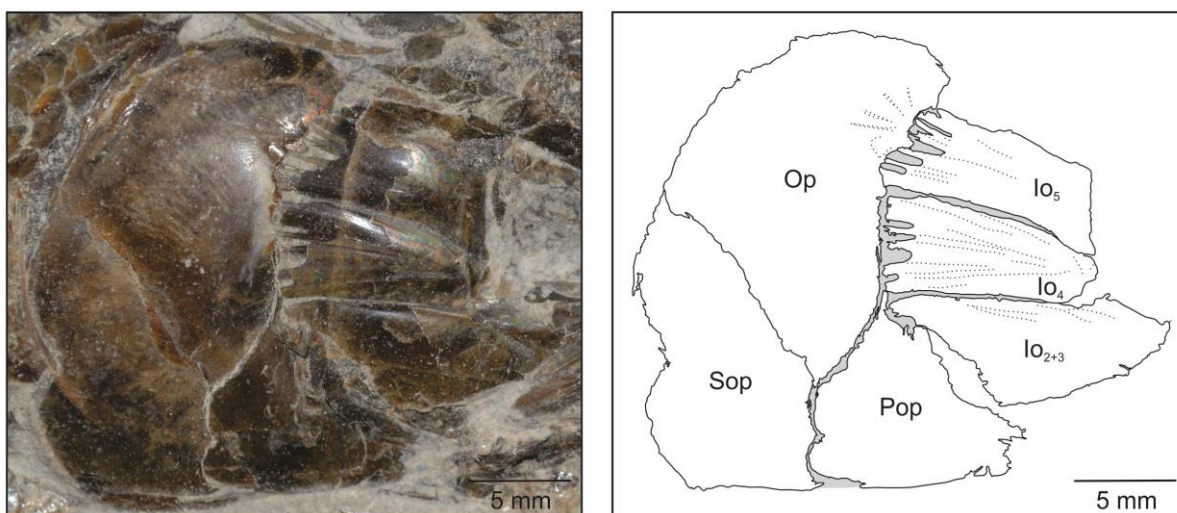


Figura 107. Espécime URC P • 279. **Io₂₊₃**: infraorbital 2+3; **Io₄**: infraorbital 4; **Io₅**: infraorbital 5; **Op**: opérculo; **Pop**: pré-opérculo; **Sop**: subopérculo. As linhas pontilhadas nos infraorbitais 4 e 5 representam ornamentações. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre estruturas de interesse. (Figura elaborada pela autora).

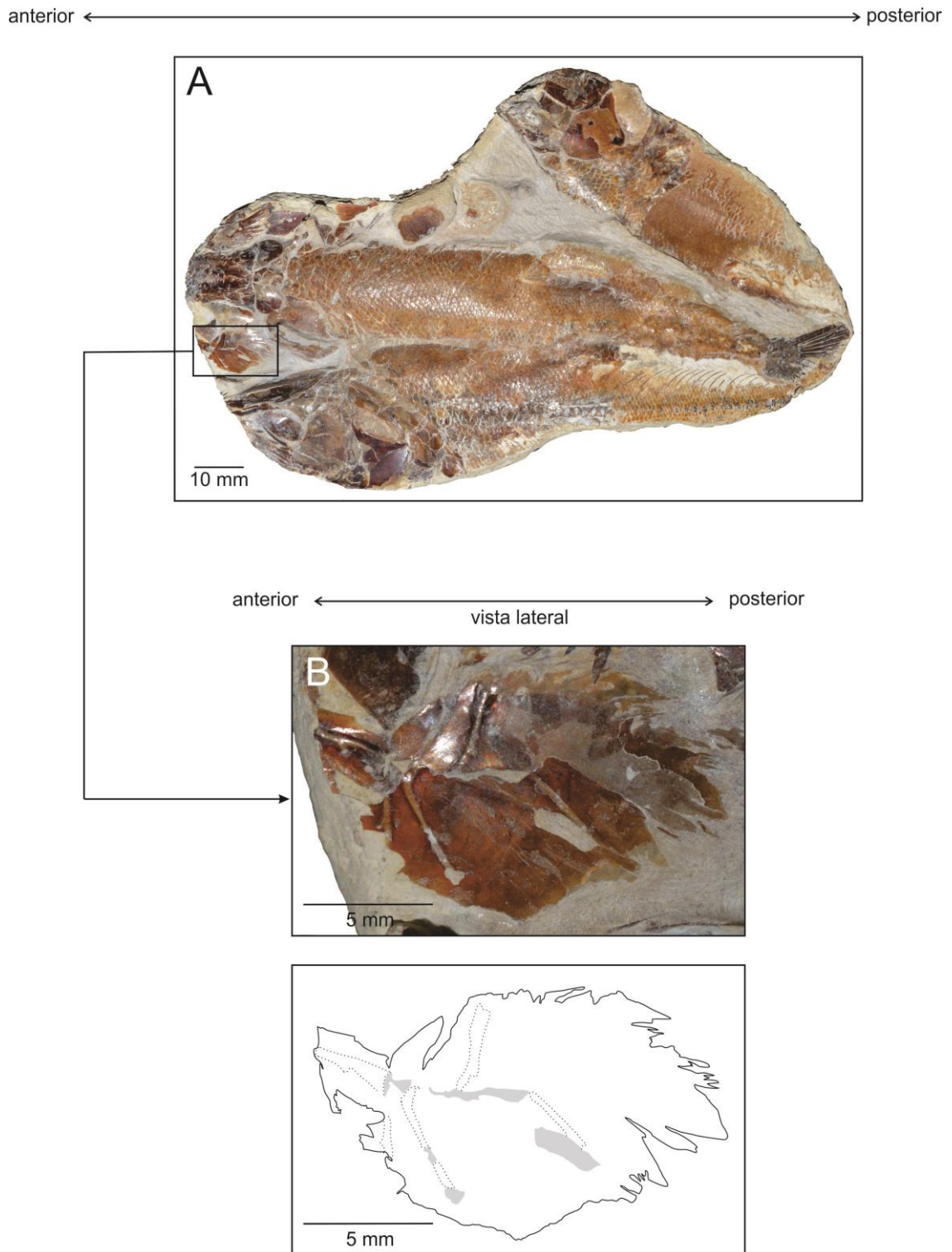


Figura 108. Espécime GP/2E 2989. **A:** concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção, as estruturas representadas são infraorbitais desarticulados. As linhas pontilhadas representam canais sensoriais. Áreas em cinza representam sedimentos. (Figura elaborada pela autora).

7.10.7 Série opercular

7.10.7.1 Opérculo (figuras 105, 107 e 109)

O opérculo é uma estrutura alta, cuja margem ventral é oblíqua. Ventralmente está em contato com o subopérculo, anteriormente estaria em contato com o pré-opérculo, ântero-dorsalmente estaria em contato com o supratemporal, dorsomedianamente estaria em contato com o pós-temporal, e posteriormente em contato com o cleitro. Pós-temporal e cleitro estão deslocados, mas presentes em um dos espécimes (Figura 108), permitindo a confirmação dos contatos que existiriam em posição anatômica.

Na Figura 105 é possível observar delgadas bandas esbranquiçadas no opérculo, que parecem estar sob esta estrutura. Na Figura 109 há semelhantes bandas, fragmentadas e depositadas sob a resina. Foge ao escopo desta Tese de Doutorado a análise deste material, entretanto a sugestão é que sejam filamentos branquiais, o que não seria surpreendente, visto a qualidade da preservação das estruturas dos espécimes.

7.10.7.2 Subopérculo (figuras 105, 107 e 109)

O subopérculo é uma ampla estrutura, cuja margem dorsoanterior está em contato oblíquo com o opérculo. Sua região anterior está em contato com o interopérculo e ligeiramente sobreposto pela expansão ventral do pré-opérculo. Posteriormente estaria em contato com o cleitro, e ventralmente em contato com raio branquiostégio.

7.10.7.3 Pré-opérculo (figuras 105 e 107)

O pré-opérculo, nos espécimes em que foi possível observá-lo, apresenta seu ramo ventral expandido presente. Este ramo ventral seria sobreposto ao interopérculo ventralmente, e sobreposto ao subopérculo posteriormente. Haveria um ramo vertical ascendente, que anteriormente seria sobreposto pela porção distal dos infraorbitais posteriores, e posteriormente estaria em contato com o opérculo. O ramo vertical ascendente, e seus canais, não foram preservados.

7.10.7.4 Interopérculo (figuras 102 e 105)

Pouco do interopérculo pode ser visto. Em um dos exemplares pode ser parcialmente observado em vista lateral oblíqua e, em outro exemplar, pode ser observado em sua porção ventral fragmentada, em vista lateral. Estaria sobreposto, em sua maior altura, pelo ramo ventral do pré-opérculo, e posteriormente estaria em contato com o subopérculo. Não fica claro qual seu contato anterior, embora possivelmente seja com o ceratoial posterior.

anterior ← → posterior
vista lateral

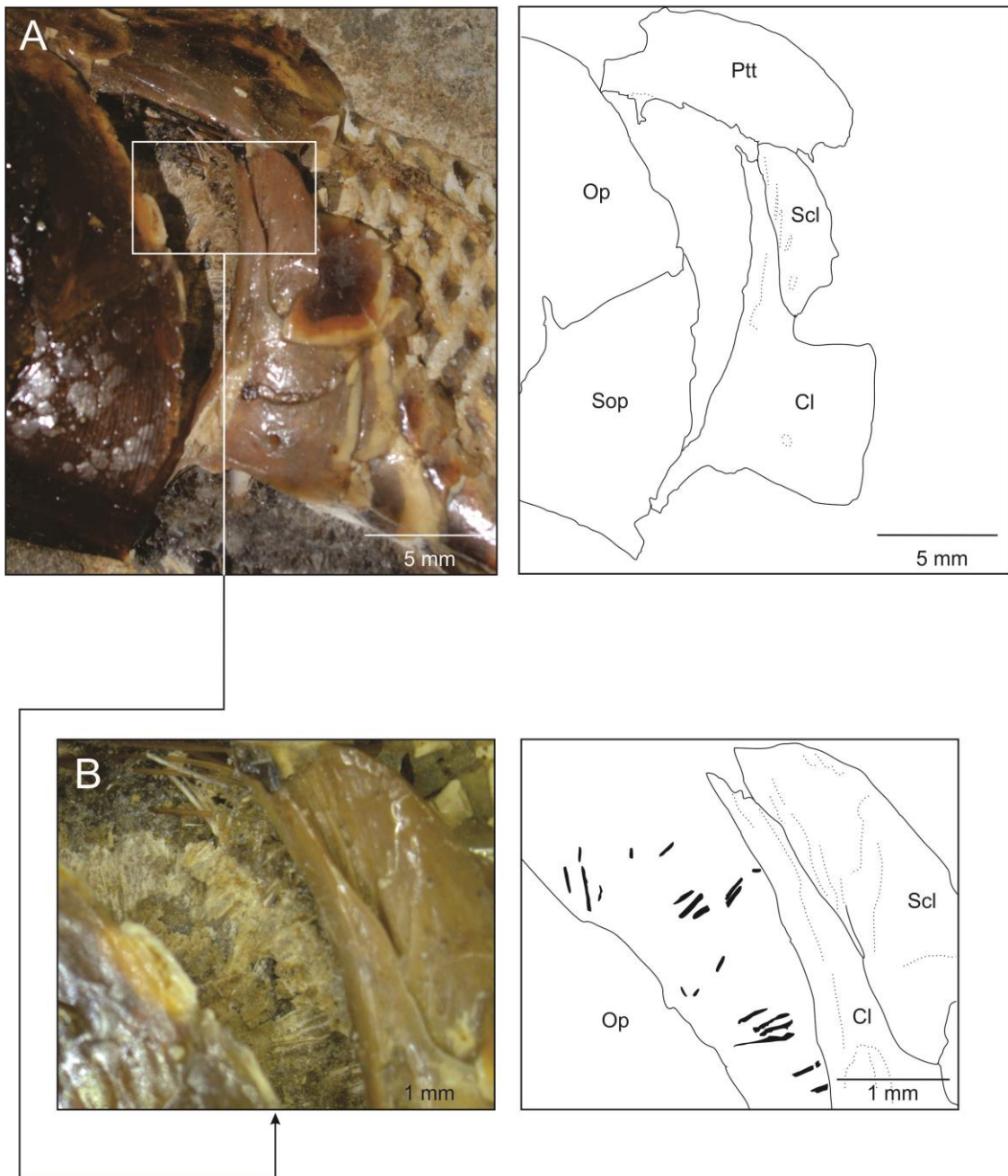


Figura 109. Espécime GP/2E 8096. **A:** disposição de alguns elementos da cintura peitoral em relação à margem opercular posterior. **B:** ampliação de estruturas delgadas e esbranquiçadas sobre a resina. **Cl:** cleitro; **Op:** opérculo; **Ptt:** pós-temporal; **Scl:** supracleitro; **Sop:** subopérculo. As estruturas em preto representam a sugestão de filamentos branquiais. (Figura elaborada pela autora).

7.10.8 Cintura peitoral e nadadeiras

7.10.8.1 Supratemporal (figuras 84 e 110)

Os supratemporais são estruturas com morfologia total semelhante a folhas, possuindo uma porção mais expandida circular, cujas margens se estreitam e se encontram em

ângulo agudo. Anteriormente cada supratemporal está em contato com supraoccipital, parietal e pterótico, e sobreposto ao epiótico. Alguns ramos da comissura supratemporal puderam ser vistos, portanto o sistema total dos canais não pode ser observado.

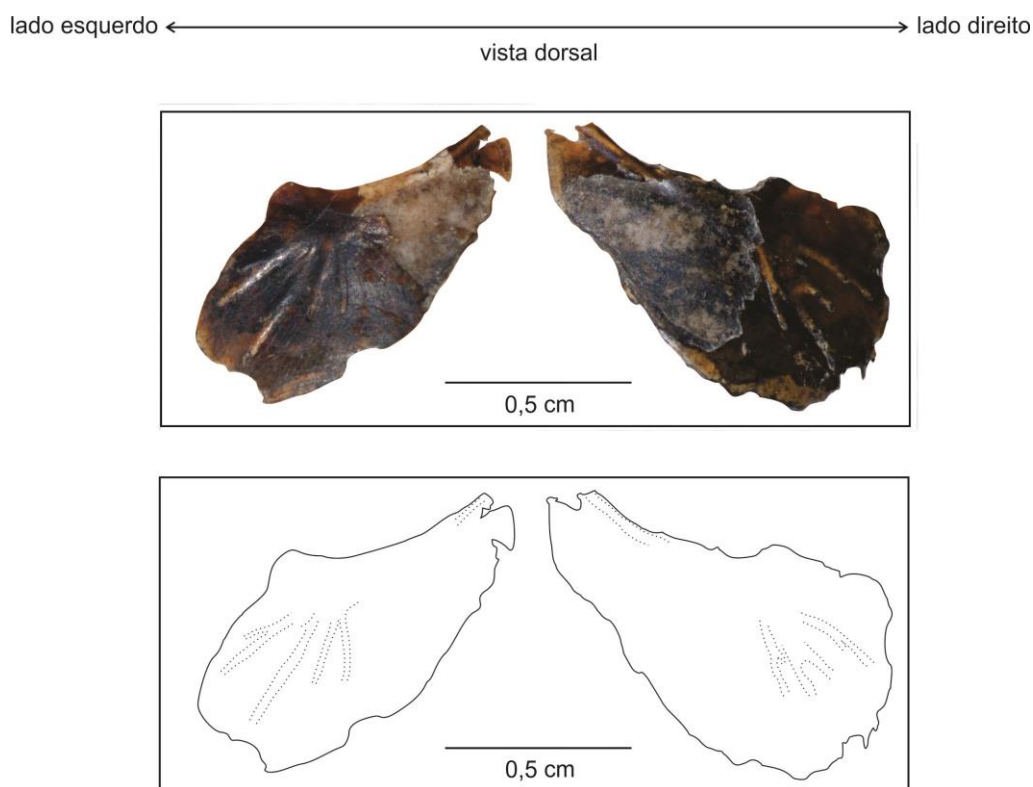


Figura 110. Espécime URC P • 322. As estruturas representadas são supratemporais. As linhas pontilhadas representam ramos da comissura do canal supratemporal. (Figura elaborada pela autora).

7.10.8.2 Pós-temporal (Figura 109 A)

Um dos espécimes possui um dos pós-temporais preservado e sua morfologia é aproximadamente oval, excetuando-se sua extremidade anterior, que está sobreposta por outra estrutura, impedindo sua visualização. É possível ver ainda a porção proximal de seu ramo ventral, uma projeção ventral da estrutura. Póstero-ventralmente está em contato com o supracleitro. O canal da linha lateral não foi observado.

7.10.8.3 Supracleitro (Figura 109)

O supracleitro é uma estrutura posteriormente convexa, e anteriormente possui uma ligeira concavidade. Seu contato ântero-dorsal é feito com o pós-temporal, e anterior e ventralmente apresenta-se em contato com o cleitro. Posteriormente está em contato com uma grande escama, que se interpõe póstero-ventralmente entre cleitro e supracleitro. Nenhum canal da linha lateral foi observado.

7.10.8.4 Cleitro (figuras 109 e 111)

O cleitro, em um dos espécimes (GP/2E 8096), pode ser visto lateralmente. Nesta posição possui um ramo ascendente, uma expansão pósterio-inferior e um pequeno ramo descendente. Seu ramo ascendente está em contato com o supracleitro, sua expansão pósterio-inferior contata com uma grande escama, e posteriormente existem outras duas grandes escamas em contato.

Em outro espécime (GP/2E 2167) é possível ver parte do ramo descendente do cleitro, em vista lateral. Em vista mesial, neste mesmo espécime é possível ver o cleitro em ligeiro contato com escápula, mesocoracóide e coracóide.

7.10.8.5 Escápula (Figura 111)

Em vista lateral mesial é possível observar a porção proximal da escápula, cuja morfologia se apresenta com a margem extremidade dorsal semicircular, uma acentuada concavidade anterior e a margem posterior da extremidade ventral também arredondada. Haveria uma projeção posteriormente direcionada (FOREY, 1977), que não foi preservada. Dorsalmente está em contato com o cleitro, ântero-ventralmente com o mesocoracóide, e ventralmente com o coracóide.

7.10.8.6 Mesocoracoide (Figura 111)

O mesocoracoide, em vista lateral mesial, assemelha-se à uma alça, cujo ramo ventral está suturado ao coracoide, e o ramo dorsal suturado ao cleitro. Possui ligeira concavidade anteriormente direcionada.

7.10.8.7 Coracoide (Figura 111)

O coracoide é o elemento mais inferior da cintura escapular. Em vista lateral mesial anteriormente possui um ramo alongado, que estaria em contato com a extremidade ântero-ventral do cleitro. Em sentido posterior há uma inclinação dorsal deste ramo que, em sua extremidade posterior, apresenta inclinação ventral, resultando em uma concavidade posteriormente direcionada. No terço posterior do coracoide está suturado com a região ventral do mesocoracoide.

7.10.8.8 Nadadeira peitoral (Figura 112)

No espécime em que é possível observar a nadadeira peitoral há 17 raios, e nenhum radial foi observado.

anterior ← → posterior
vista lateral

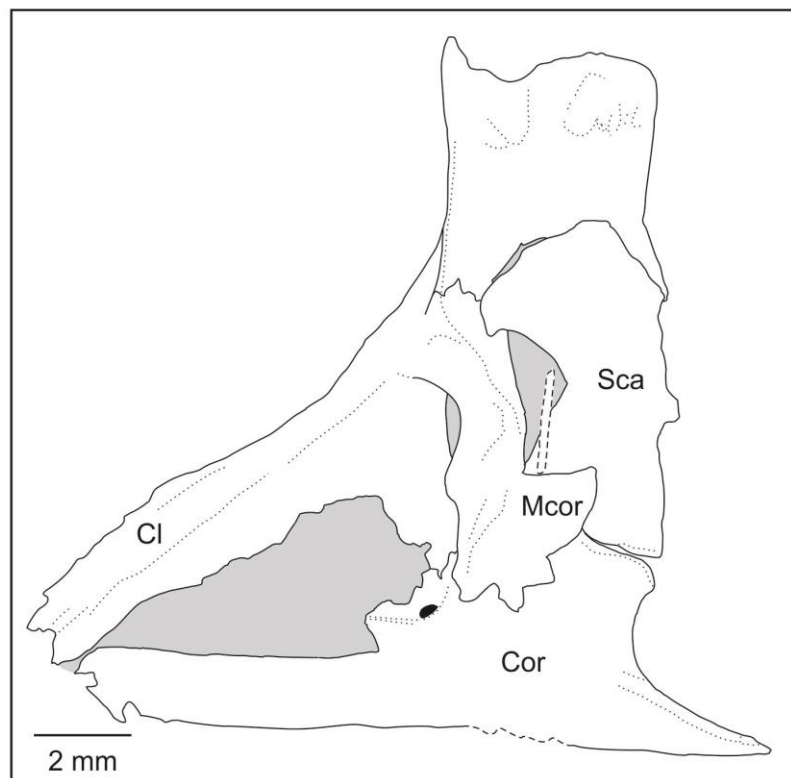


Figura 111. Espécime GP/2E 2167. **Cl:** cleitro; **Cor:** coracoide; **Mcor:** mesocoracoide; **Sca:** escápula. Preenchimento em preto indica abertura. Preenchimentos em cinza indicam espaços entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista dorsal

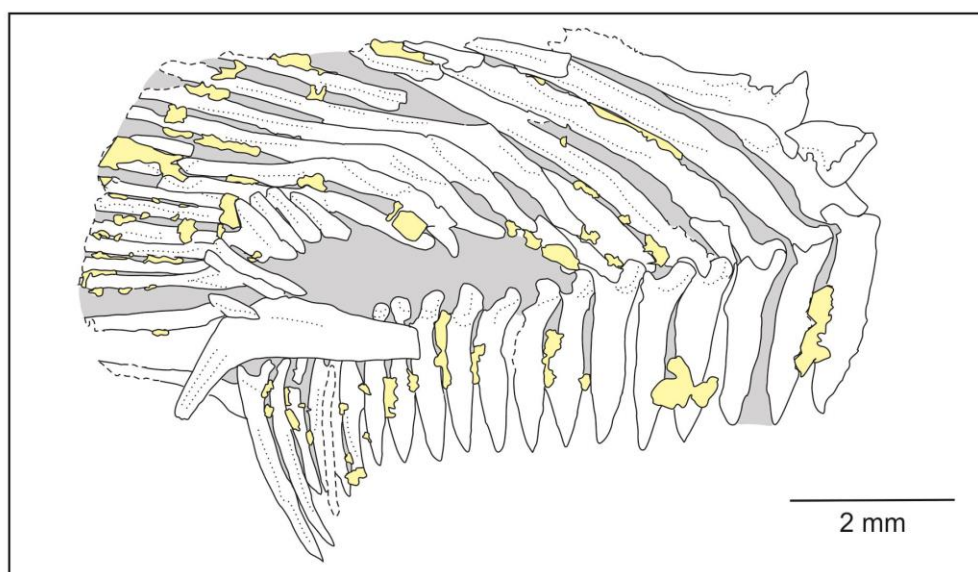


Figura 112. Espécime GP/2E 2167. As estruturas representadas são lepidotríquias e hemitríquias. Preenchimento em amarelo indica estrutura e sedimentos sobrepostos. Preenchimento em cinza indica espaço entre as estruturas de interesse. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.9 Coluna vertebral (figuras 113, 114, 115, 116 e 117)

Nenhum dos materiais examinados por Woodward (1887) possuía a coluna vertebral completa, assim como os materiais examinados por Forey (1977). Woodward (1887) estimou menos de 24 vértebras na região abdominal, e talvez 20 vértebras caudais, e Forey (1977) estimou pelo menos 35 vértebras abdominais, de modo que a quantidade de vértebras estaria entre 55 e 65. Os centros são anficélicos e ornamentados por um complexo sistema de cristas anastomosadas (FOREY, 1977).

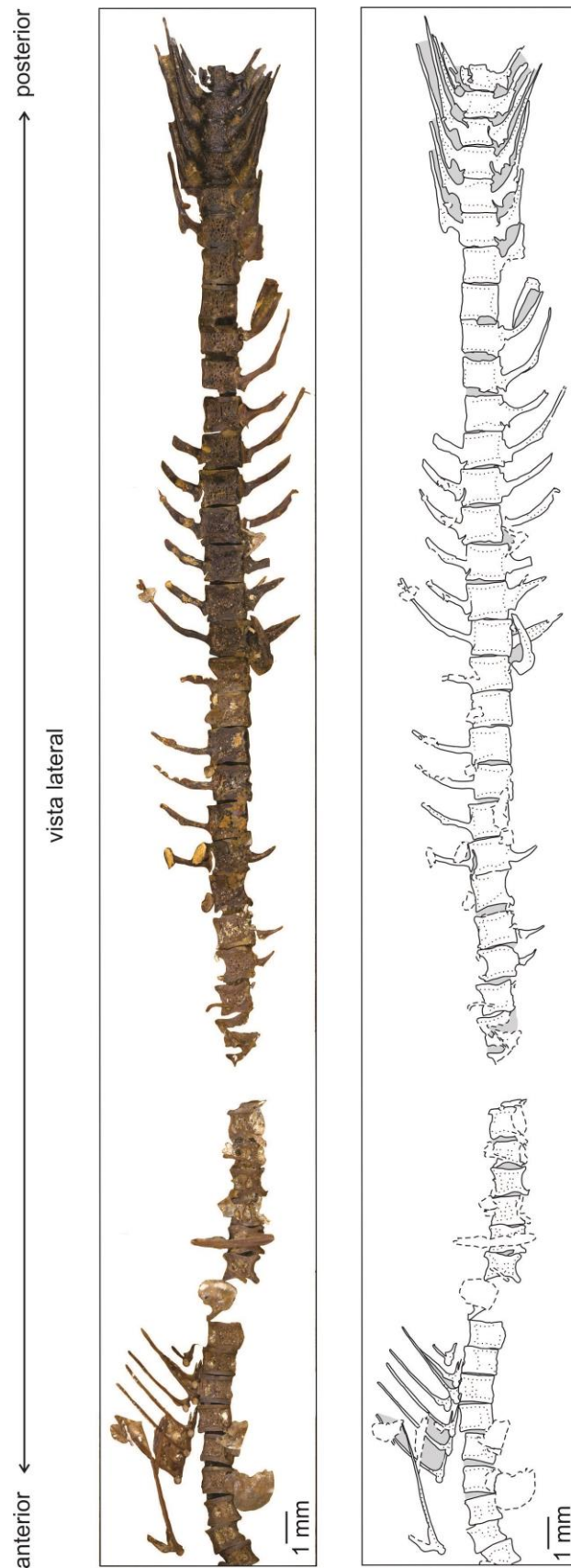


Figura 113. Espécime GP/2E 3423. Maior sequência de vértebras obtida mediante preparações. Preenchimento em cinza representa espaço entre estruturas de interesse. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral

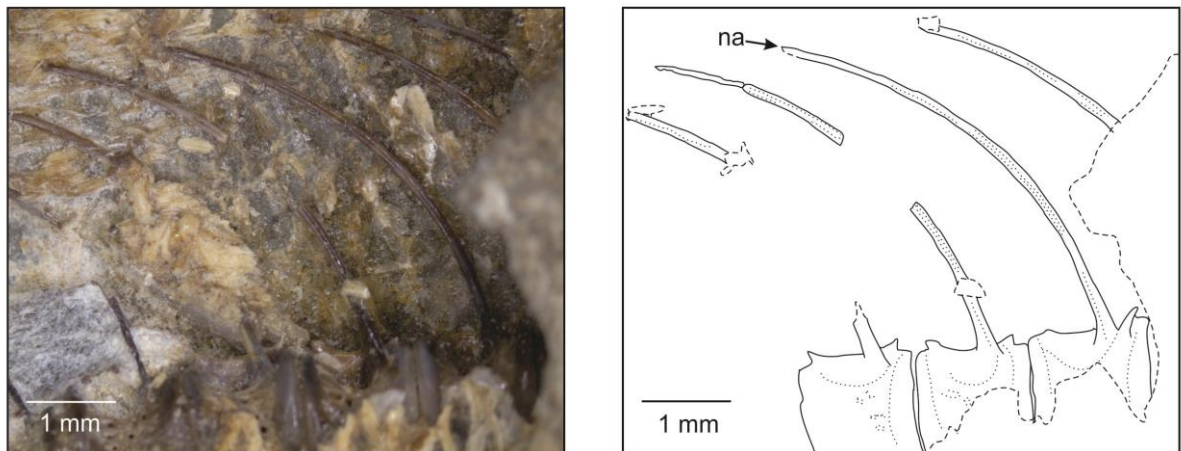


Figura 114. Espécime GP/2E 8096. Vértexes portando arcos neurais. **na:** arco neural. A seta aponta um dos quatro arcos neurais representados. As linhas tracejadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral

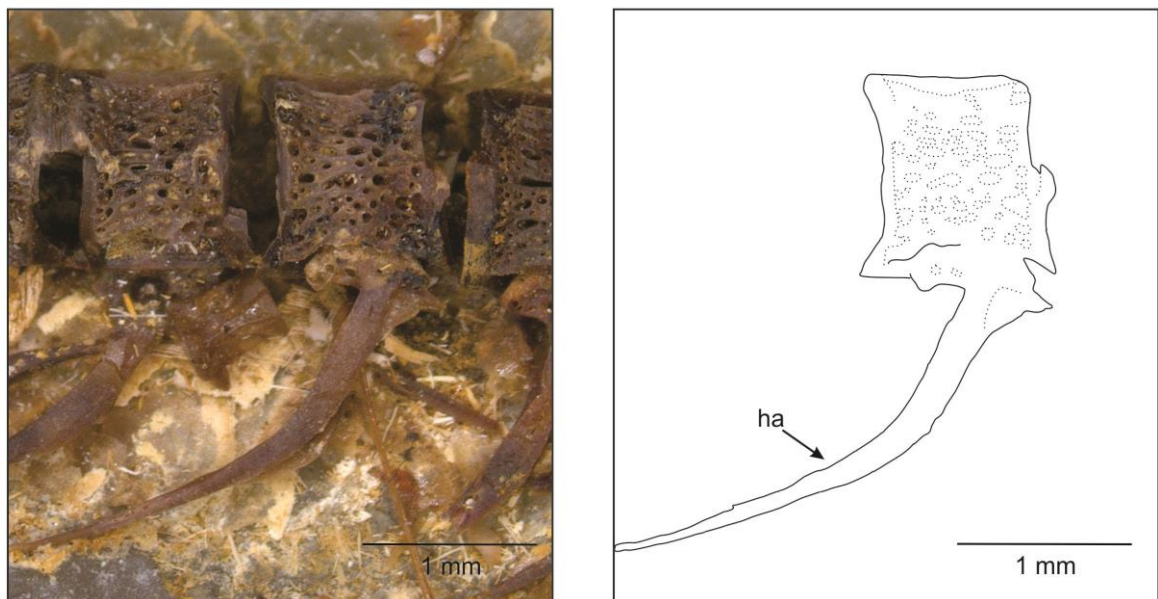


Figura 115. Espécime GP/2E 3423. Vértexes portando arcos hemais. **ha:** arco hemal. (Figura elaborada pela autora).

No âmbito dos espécimes preparados para esta Tese de Doutorado, a maior sequência de vértebras pertence ao espécime GP/2E 3423, com 43 vértebras alinhadas e duas vértebras deslocadas (não figuradas), totalizando 45 vértebras. Esta contagem não inclui o complexo caudal, que não foi preservado em nenhum dos espécimes preparados.

anterior ← → posterior

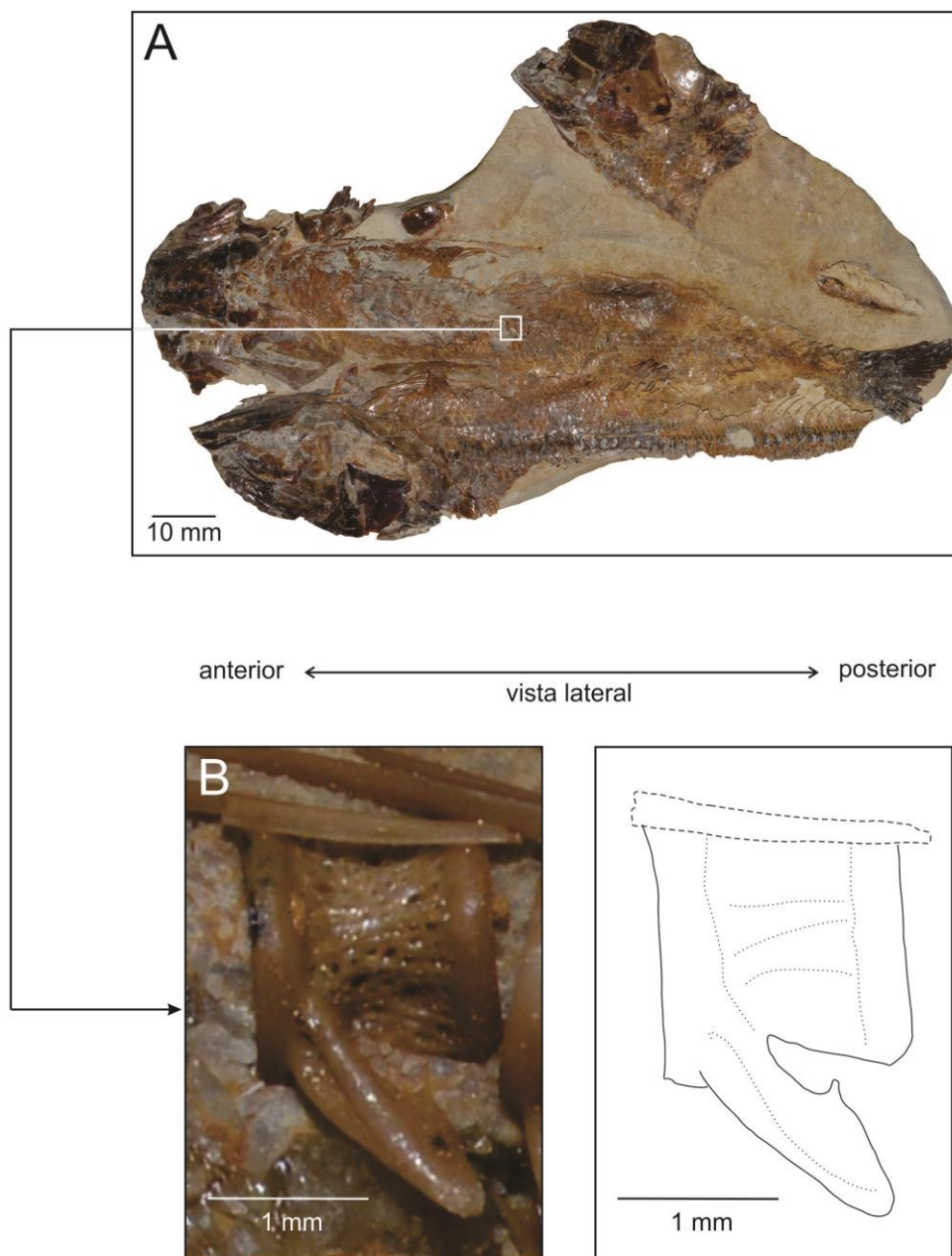


Figura 116. Espécime GP/2E 2989. **A:** Concreção calcária portando três espécimes de *Rhacolepis buccalis*. **B:** detalhe de um dos espécimes da concreção; a estrutura representada é um centro vertebral com o processo transversal posteriormente direcionado. As linhas pontilhadas representam estruturas sobrepostas. (Figura elaborada pela autora).

Os arcos neurais, passíveis de observação, são apenas aqueles das vértebras caudais. Arcos hemais, também da sequência caudal, foram preservados. A exceção dos arcos hemais ocorre no espécime GP/2E 2989, onde um centro vertebral abdominal porta o processo transversal, posteriormente direcionado, com a faceta para articulação da costela presente. Epineurais, epipleurais e costelas ocorrem fragmentados em alguns espécimes preparados, de modo que suas morfologia, contagem e posição anatômica não puderam ser analisadas.

Do espécime GP/2E 2167 alguns centros vertebrais foram preservados, nos quais a ornamentação pode ser adequadamente visualizada.

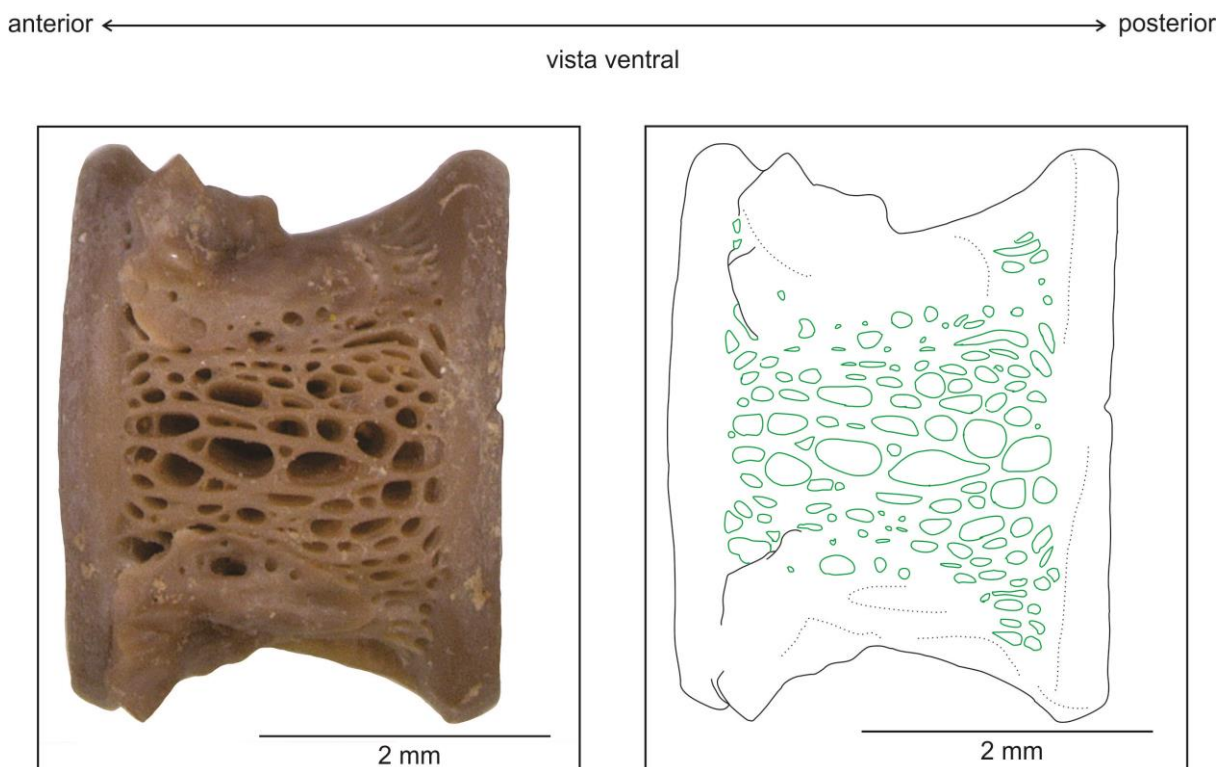


Figura 117. Espécime GP/2E 2167. A estrutura representada é um centro vertebral. Os contornos em verde representam as ornamentações predominantes nos centros vertebrais. (Figura elaborada pela autora).

7.10.10 Escamas (figuras 118, 119 e 120)

As escamas são cicloides e delgadas. Sua distribuição sobre as nadadeiras não pode ser observada. Algumas escamas dorsais apresentam a aparência crenulada citada por Agassiz (1844). As escamas abdominais posteriores apresentam cristas radiais. Outras escamas diferenciadas podem ser observadas próximas a supracleitro e cleitro. Forey (1977) menciona uma grande escama peitoral axilar pontiaguda. Escamas maiores, próximas à cintura escapular, ocorrem em URC P • 322, entretanto aquelas em melhores condições de preservação estão ilustradas. São pelo menos três grandes escamas, uma delas entre supracleitro e cleitro, uma posterior ao cleitro e outra póstero-ventralmente localizada em relação ao cleitro.

posterior ← → anterior
vista dorsal

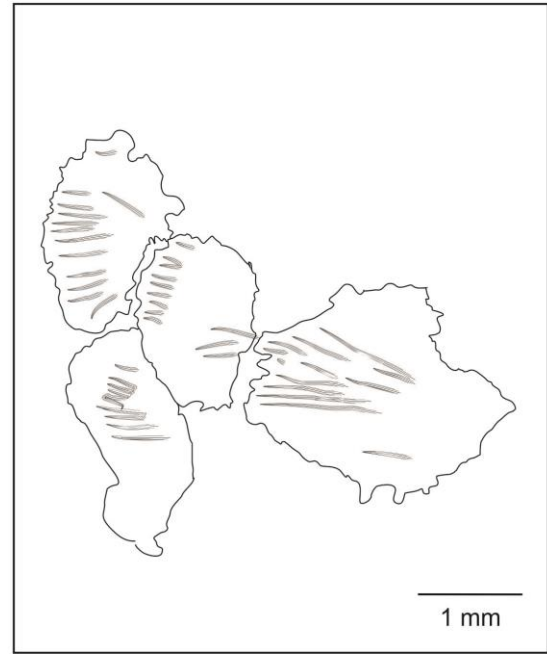


Figura 118. Espécime URC P • 322. Escamas dorsais; notar o aspecto crenulado. (Figura elaborada pela autora).

posterior ← → anterior
vista lateral

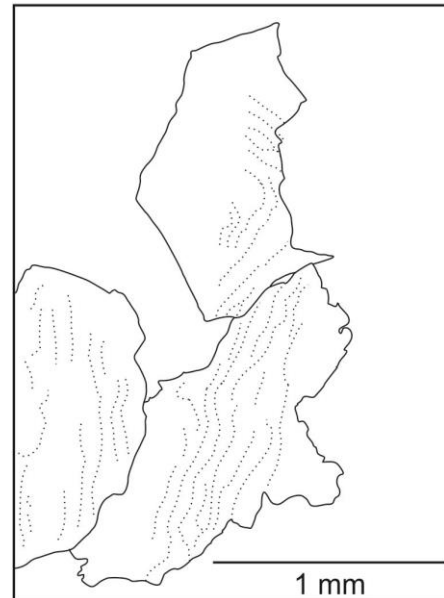


Figura 119. Espécime GP/2E 8096. Escamas laterais; notar as cristas radiais. (Figura elaborada pela autora).

anterior ← → posterior
vista lateral

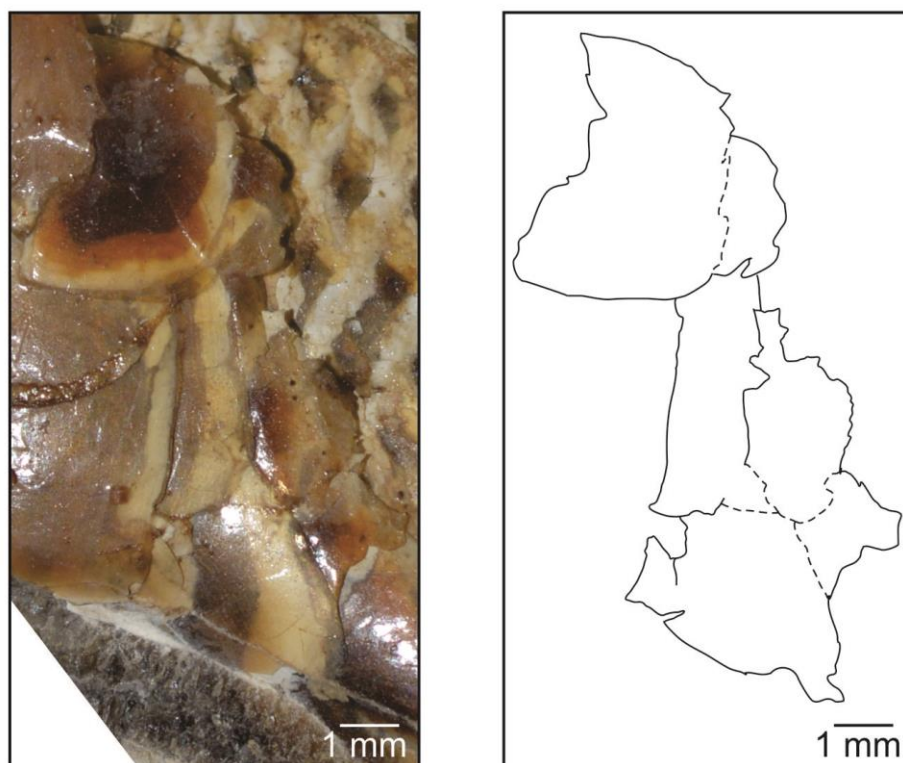


Figura 120. Espécime GP/2E 8096. Escamas anteriores, próximas à cintura escapular. A disposição destas escamas em relação à cintura pode ser vista na Figura 109. As linhas pontilhadas representam incertezas quanto aos limites de cada escama. Posteriores às escamas de interesse nesta figura estão outras escamas laterais, como observado na imagem; notar as distintas dimensões entre elas. (Figura elaborada pela autora).

7.10.11 Comentários

Na família Pachyrhizontidae *sensu* Forey (1977), o dentário possui uma fileira de dentes, na diagnose da espécie, o dentário tem aproximadamente 35 dentes, quantidade que também estaria presente no maxilar. Em dois espécimes preparados, GP/2E 3423 (Figura 97) e GP/2E 5514 (Figura 98), é possível observar até três fileiras de dentes no dentário. No espécime GP/2E 5514 é possível observar mais de 50 alvéolos dentários e cerca de 20 dentes *in loco*.

Para este gênero, o ectopterigoide é descrito com uma única fileira de dentes pontiagudos. No espécime GP/2E 4305 é possível observar duas fileiras de dentes (figuras 92 e 93).

O número de raios branquiostégios encontrado no espécime URC P • 317 (Figura 102) é 23 do lado direito e 25 do lado esquerdo, uma estimativa mais aproximada para este gênero.

7.11 Dentição: tipos de fixação

Tipos distintos de fixação de dentes podem estar presentes em estruturas diferentes no mesmo organismo. Dos quatro tipos de fixação que Fink (1981) propõe, dois estão presentes nos gêneros *Notelops* e *Rhacolepis*: o tipo 1 de fixação, no qual a base do dente maduro é completamente anquilosado ao osso (figuras 92 e 93), e o tipo 2 de fixação, quando o dente maduro possui uma pequena área de colágeno não mineralizado em sua base (figuras 48, 51, 54, 56, 57, 94 C, 97 e 98). A presença de uma área de colágeno não mineralizada na base do dente permite uma ligeira mobilidade no mesmo, minimizando pedas durante a alimentação, por exemplo.

A substituição dentária ocorre continuamente na maioria dos peixes, o que permite a observação de diversos estágios ontogenéticos destas estruturas em adultos, o que pode ser observado com maior clareza na Figura 57.

Fink (*op.cit.*) encontrou predominância do tipo de fixação 2 entre os teleósteos e hipotetizou este tipo de fixação 2 como derivado do tipo 1 mediante cessação da mineralização antes da anquilose ser atingida. Deste modo ele propõe que o tipo 2 de fixação dos dentes, com a borda mineralizada aproximadamente equidistante do osso de fixação ao redor da base do dente (Figura 98), é obtido via pedomorfose.

Fink (1981) também analisou o tipo de fixação 1 como esporádico para actinopterygios “avançados”, considerando a presença deste tipo de dente relacionada à dieta piscívora ou carnívora. Por sua vez o tipo 2 foi encontrado em poucos e especializados osteoglossomorfos de fauna recente, e em membros primitivos de Elopocephala *sensu* Patterson & Rosen (1977), que inclui as coortes Elopomorpha e Clupeocephala. Nelson (2006) inclui as três subdivisões, Elopomorpha, Ostarioclupeomorpha e Euteleostei, no clado informal Elopocephala, até que a classificação sobre primitivismo de algumas subdivisões tenha alguma solução mais clara.

7.12 Síntese dos resultados obtidos

Os resultados obtidos para cada espécie estudada estão sintetizados a seguir, por categoria, nos quadros 3 e 4.

Quadro 3 – *Notelops brama*: quadro comparativo entre descrições anteriores e resultados obtidos.

Pachyrhizodontoidei	
Descrições anteriores	Resultados obtidos
Paresfenoide sem dentes ou processo basipterigoideo.	Paresfenoide com dois dentes.
Uma fileira de dentes maxilares.	Cinco fileiras de dentes maxilares.
<i>Notelops</i>	
Descrições anteriores	Resultados obtidos
Ceratoial anterior fenestrado.	Ausência de fenestra no ceratoial anterior.
Não descrito.	Presença de escudos caudais, dorsal e ventral.

Conclusão. Fonte: quadro elaborado pela autora.

Quadro 4 – *Rhacolepis buccalis*: quadro comparativo entre descrições anteriores e resultados obtidos.

Pachyrhizontidae	
Descrições anteriores	Resultados obtidos
Dentário com uma fileira de dentes.	Dentário com três fileiras de dentes.
<i>Rhacolepis</i>	
Descrições anteriores	Resultados obtidos
Ectopterigoide com uma única fileira de dentes.	Ectopterigoide com duas fileiras de dentes.
Aproximadamente 20, número exato não é conhecido.	25 raios branquiostégios.

Fonte: quadro elaborado pela autora.

8 PALEOECOLOGIA

Na subseção 5.2.3.2 foi apresentada a proposição estratigráfica da Formação Santana, na subseção 5.2.3.2.2, o detalhamento litoestratigráfico do Membro Romualdo (Figura 15), onde ocorrem às concreções calcárias, e na seção 6 foram apresentados aspectos de gênese destas concreções. Parece ser consensual que os peixes contidos nas concreções são resultantes de morte catastrófica de causa coletiva e sobre a necrólise há uma breve discussão na seção 6. Não parece haver transporte e desarticulação dos organismos, que poderia ter ocorrido por curto período de tempo após sua morte, em função de características do ambiente em que se encontravam (MARTILL, 1988; BRIGGS & WILBY, 1993). O que pode ser observado em campo, na porção superior do Membro Romualdo, é a existência de assembleia fóssil mista (autóctone-parautóctone), cuja composição taxonômica é politípica (*sensu* KIDWELL et al., 1986). Com o conjunto de informações apresentado, os aspectos mais especificamente tratados, nesta seção, serão os paleoecológicos.

As 13 concreções (quadros 5 e 6), portando os gêneros *Notelops*, *Rhacolepis* e *Pachyrhizodontoidei* indeterminados, apresentaram estruturas de outros organismos na mesma concreção, permitindo interpretar sua interação em vida.

Na Formação Santana, ainda que temporariamente, estabeleceu-se um ambiente marinho (e. g. presença de equinodermos), com salinidade elevada (BEURLEN, 1963). Desta formação, para Moura & Borgui (2005), o Membro Romualdo possui interpretações paleoambientais divergentes (lacustre *versus* marinho). Considerando a diversidade fossilífera, seu conteúdo apresenta elementos faunísticos tidos como tolerantes a ambientes lacustres, como *Calamopleurus* (GRANDE & BEMIS, 1998) e fauna tida como marinha, que conduzem a incertezas nas interpretações paleoecológicas e paleogeográficas. A descrição de fácies, e a interpretação de suas sucessões, permitiram a identificação de um modelo deposicional deltaico-lacustre/marinho.

Medidas de paleocorrentes (ASSINE, 1992) indicam que o caminho para ingresso de água marinha deu-se no sentido Sul/Sudeste para Norte/Noroeste, sugerindo que a ingresso teria ocorrido na Bacia do Araripe através das áreas mais baixas, os vales fluviais, proveniente da Bacia Sergipe-Alagoas, onde os sedimentos albianos são marinhos.

Maisey (1991d) apresenta o ponto de vista consensual (SILVA SANTOS & VALENÇA, 1968; MABESOONE & TINOCO, 1973; SANTOS, 1982) sobre o paleoambiente do Membro Romualdo: uma rasa enseada passando para região costeira, com praias, estuários e planícies de maré.

Quadro 5 – Organismos associados - material coletado

Organismos associados aos fósseis estudados, apenas aqueles obtidos em atividade de campo.				
Espécime	Identificação	Município de coleta	Organismo associado	
			Bivalve	Gastrópode
URC P • 323	<i>Rhacolepis</i>	Jardim	02 espécimes	***
URC P • 324	<i>Rhacolepis</i>	Jardim	03 espécimes	***
URC P • 325	<i>Rhacolepis</i>	Santana do Cariri	02 espécimes	***
URC P • 326	Indeterminado	Jardim	15 espécimes	01 espécime
URC P • 327	<i>Rhacolepis</i>	Santana do Cariri	***	***
URC P • 329	Indeterminado	Jardim	***	***

Fonte: quadro elaborado pela autora.

Quadro 6 – Organismos associados - material emprestado

Organismos associados aos fósseis estudados, apenas aqueles emprestados das coleções do IGc e IGCE, que não possuem dados de coleta.		
Espécime	Identificação	Elementos associados
URC P • 317	<i>Rhacolepis</i>	Vegetal
GP/2E 2249	<i>Notelops</i>	Estruturas ósseas
GP/2E 2973	<i>Notelops</i>	Estruturas ósseas
GP/2E 8098a	<i>Notelops</i>	Estruturas ósseas
GP/2E 8098b	<i>Notelops</i>	Estruturas ósseas
GP/2E 3423	<i>Rhacolepis</i>	Estruturas ósseas
GP/2E 4305	<i>Rhacolepis</i>	Estruturas ósseas

Fonte: quadro elaborado pela autora.

A presença de dinoflagelados e ostrácodes indicam pulsos periódicos de águas marinhas, cuja extensão e mistura com águas não marinhas parecem ter variado, o que pode ter influenciado a distribuição relativa dos peixes (MAISEY 1991d, 2000)

As temperaturas do ambiente atmosférico podem ter sido altas, permitindo altas taxas de evaporação, particularmente a baixos níveis de umidade, sendo o clima estimado como tropical por Mabesoone & Tinoco (1973). A comparação destes autores foi realizada entre o conteúdo da secção transversal de *Rhacolepis buccalis*, e os processos de fossilização em praias modernas e lamaçais (em clima tropical e estação seca), com caranguejos. O resultado alcançado levou à conclusão que os animais mortos no paleoambiente do Membro Romualdo devem ter sido acumulados e expostos ao sol.

No que diz respeito à salinidade das águas, Maisey (1991a) atribui grande probabilidade de existência de níveis de salinidade mais altos do que o nível marinho, pois a troca de água pode ter sido restrita, o que é sugerido pela assembleia fóssil. Um dos efeitos do

aumento da temperatura no mar é o aumento da estratificação das águas, o que pode ser corroborado por análise de matéria orgânica nas concreções e nas matrizes argilosas circundantes, que indicam condições salinas ou hipersalinas, com a sugestão de que a morte de muitos peixes ocorreu por migração halóclina (MARTILL, 1988; PRICE et al., 1998; BAUDIN, et al., 1990).

As águas superficiais devem ter sido bem oxigenadas e produtivas e separadas das águas sulfurosas do fundo por distinta quimoclina, cujas concentrações de oxigênio eram muito baixas. A desestabilização episódica, ou colapso de corpos estratificados de água devido à alteração química das águas marinhas, viabilizada por atividade hidrotérmica e produção planctônica, é documentada na ocorrência de concreções multiespécimes, com espécimes do mesmo táxon (MARTILL, 1988; LECKIE et al., 2002; HEIMHOFER et al., 2008)

8.1 Organismos associados

8.1.1 Moluscos (Figura 121)

Em quatro espécimes, URC P • 323, URC P • 324, URC P • 325 e URC P • 326, ocorrem associados respectivamente dois bivalves, três bivalves, dois bivalves e, para o último espécime, 15 bivalves e um gastrópode.

Os bivalves ocorrem com as duas valvas fechadas; quando abertas, o foram fragmentadas durante a preparação química. Os bivalves, em todos os espécimes, ocorrem na face externa da concreção, na face interna ocorre apenas o gastrópode, alinhado aproximadamente paralelo à região ântero-dorsal do crânio do peixe. O gastrópode possui costelas bem marcadas, em função do acréscimo de sal do meio em que viveu (MABESOONE & TINOCO, 1973). Os bivalves são atribuídos a família Corbulidae (*Corbula* sp.) e o gastrópode à família Cerithidae (*Cerithium* sp.) (*sensu* PEREIRA et al., 2015). O gastrópode é atribuído a ambientes tipicamente marinhos com condições de boa energia e oxigenação e os bivalves suportam grandes variações de salinidade, sendo encontrados com facilidade em ambientes lagunares (PEREIRA et al., op. cit).

Maisey (1991a) reporta a fauna de moluscos como localmente abundante, mas rara em concreções. Não parece ser este o caso, ao menos na região de Jardim, onde não somente o material coletado possui moluscos associados, como outros táxons de peixes (observação pessoal da autora) possuíam moluscos associados. Os moluscos com as valvas fechadas sugerem que não houve transporte apreciável após a morte dos mesmos, embora a associação

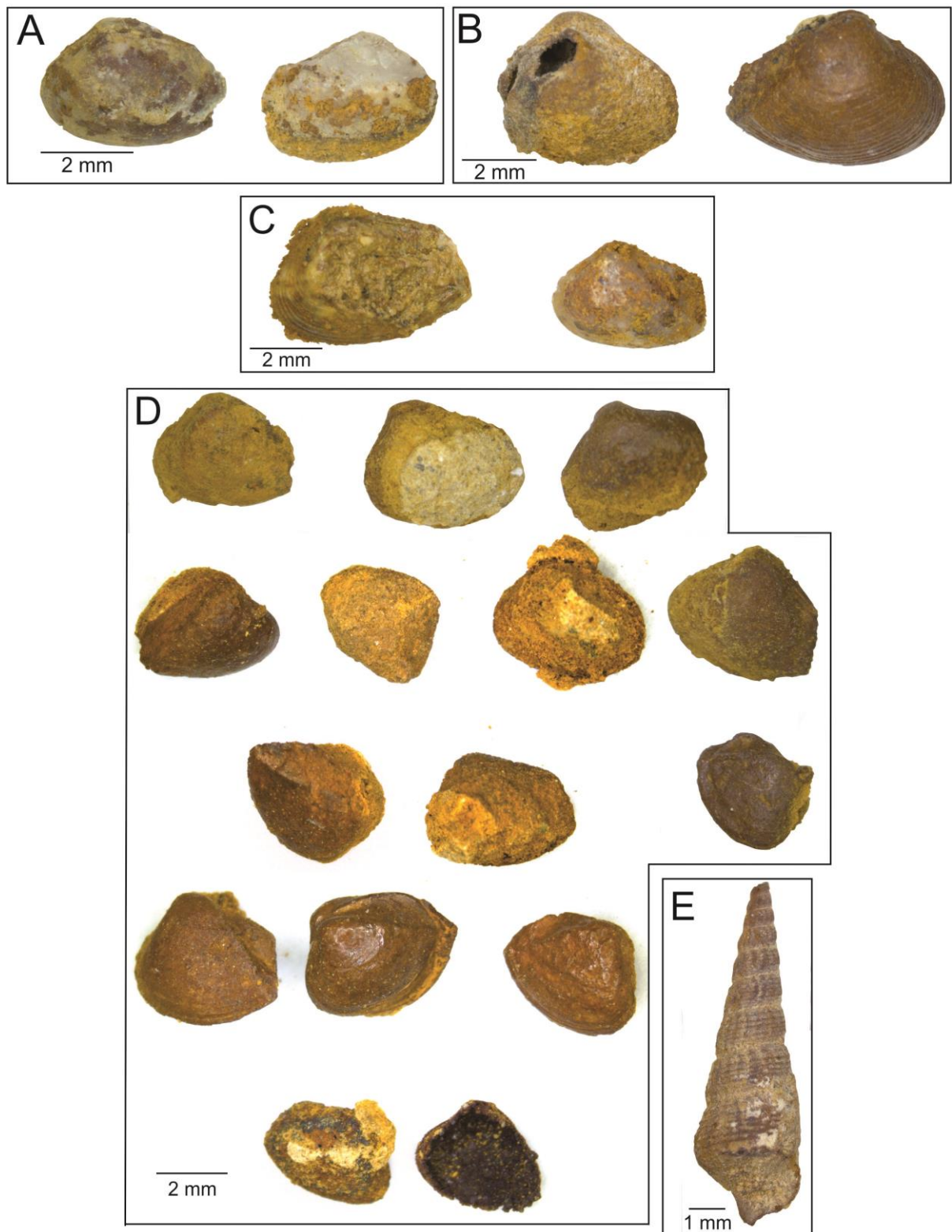


Figura 121. Moluscos associados a espécimes diversos. **A:** dois bivalves associados ao espécime URC P • 323, *Rhacolepis buccalis*; **B:** dois bivalves associados ao espécime URC P • 324, *R. buccalis*; **C:** dois bivalves associados ao espécime URC P • 325, *R. buccalis*; **D:** 15 bivalves associados ao espécime URC P • 326, peixe fóssil indeterminado; **E:** um gastrópode associado ao espécime URC P • 326, peixe fóssil indeterminado. (Figura elaborada pela autora).

de *Rhacolepis* com estes bivalves, que suportam grandes variações de salinidade, não indique um ambiente preferencial. Entretanto, o local de coleta dos espécimes URC P • 323 e URC P • 324 é Jardim (município do Estado do Ceará), o mesmo local de coleta do espécime URC P • 326, que é um peixe indeterminado e um *Cerithium* sp. Este molusco, por sua vez, é atribuído a ambientes tipicamente marinhos, o que é um indício de preferência por ambiente marinho para *Rhacolepis*.

8.1.2 Estruturas ósseas (figuras 22, 122, 123, 124, 125 e 126)

Em seis espécimes preparados foram encontradas estruturas ósseas associadas aos organismos que eram o foco do estudo. Para as concreções portando *Notelops*, GP/2E 2249, GP/2E 2973 (ver Figura 22, seção 6), GP/2E 8098a e GP/2E 8098b, ocorrem associadas respectivamente vértebras e seus processos, laterais ao pedúnculo caudal do maior espécime; vértebras e seus processos, dorsais em relação à nadadeira peitoral; uma vértebra isolada, sobre a concreção; um aglomerado de estruturas ósseas no terço anterior. Os espécimes GP/2E 8098a e GP/2E 8098b são pertencentes ao mesmo organismo, de modo que a vértebra isolada e o aglomerado estavam presentes no mesmo organismo.

Para as concreções portando *Rhacolepis*, GP/2E 3423 e GP/2E 4305, ocorrem associados respectivamente vértebras isoladas e em conjunto, na porção póstero-ventral do maior espécime; e vértebras posteriores ao dentário.

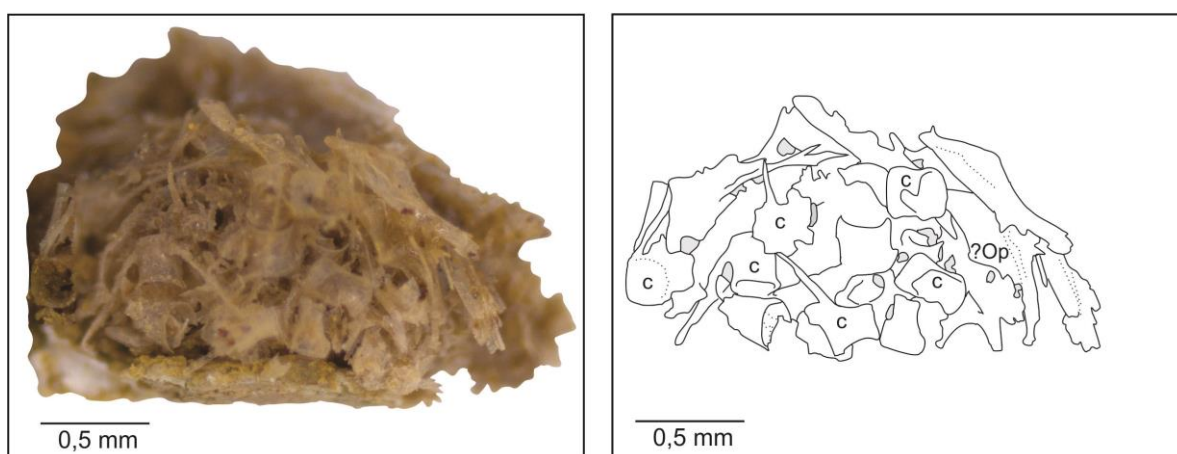


Figura 122. Espécime GP/2E 2249, *Notelops brama*. c: centro vertebral; ?Op: opérculo?. Preenchimentos em cinza representam orifícios nas estruturas. (Figura elaborada pela autora).

Estes pequenos vertebrados, associados ao material que foi preparado para esta redescrição, são assumidos como peixes em função das costelas longas e de elementos

cranianos. O manuseio do material associado é bastante dificultado por sua fragilidade, o que impede a obtenção de maiores detalhes morfológicos dos mesmos.



Figura 123. Espécime GP/2E 8098^a. *Notelops brama*. A estrutura representada é uma vértebra. (Figura elaborada pela autora).

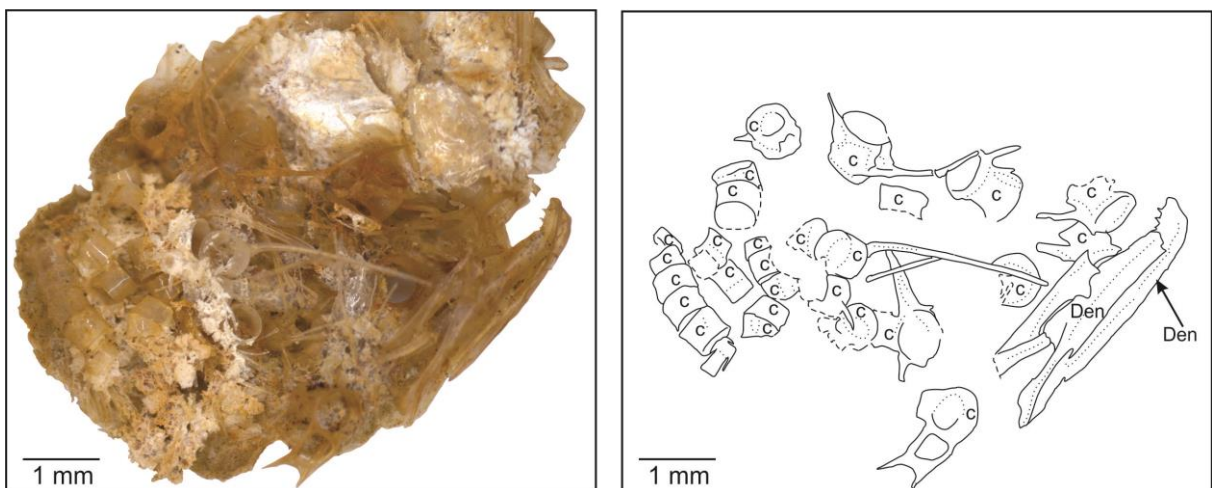


Figura 124. Espécime GP/2E 8098b, *Notelops brama*. c: centro vertebral; Den: dentário. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas de interesse em função da sobreposição de outras estruturas. (Figura elaborada pela autora).

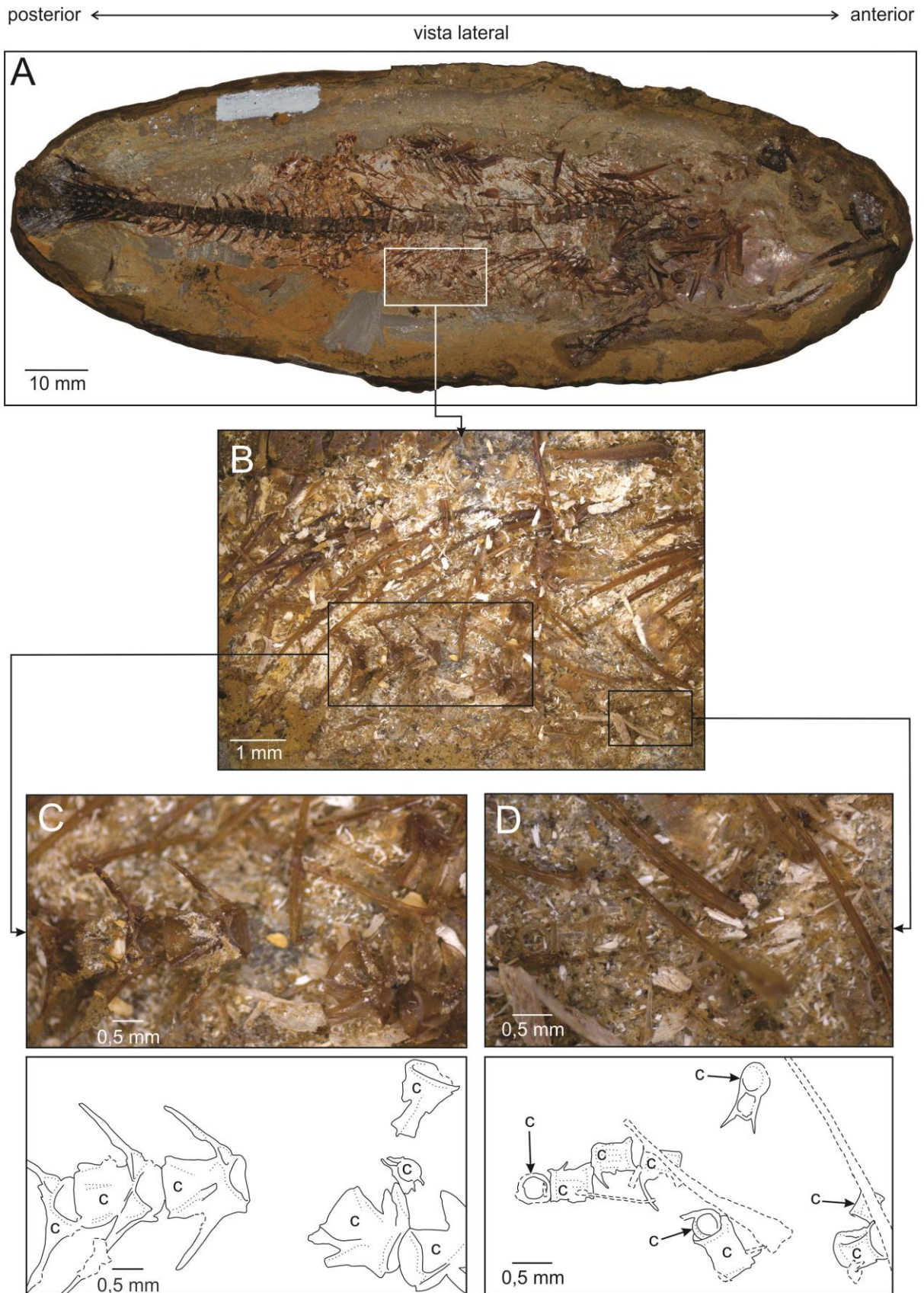


Figura 125. Espécime GP/2E 3423, *Rhacolepis buccalis*. **A:** material preparado para redescrição osteológica; **B:** ampliação da região ventral do espécime GP/2E 3423, exibindo conjuntos de pequenas vértebras; **C e D:** centros vertebrais. c: centro vertebral. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas de interesse em função da sobreposição de outros elementos. (Figura elaborada pela autora).

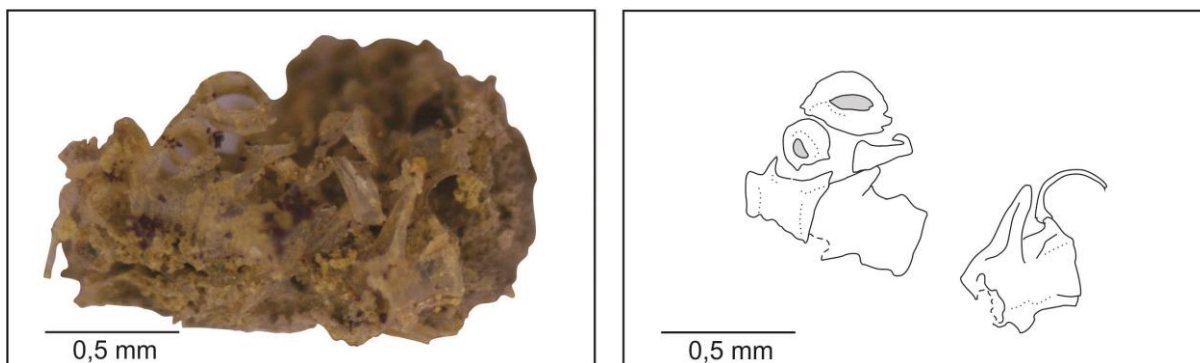


Figura 126. Espécime GP/2E 4305, *Rhacolepis buccalis*. Esquema de centros vertebrais. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas de interesse em função da sobreposição de outros elementos. Preenchimentos em cinza representam orifícios nas estruturas. (Figura elaborada pela autora).

8.1.3 Fragmento vegetal (Figura 127)

No meio terrestre, Maisey (1991a) atenta para o registro fragmentário das plantas, que inclui elementos da Família Cheirolepidaceae. O autor cita a presença de sementes calcificadas que possivelmente não foram amadurecidas, sugerindo a remoção prematura da planta parental, mediante eventos de tempestade ou outros catastróficos (MOHR et al., 2007).

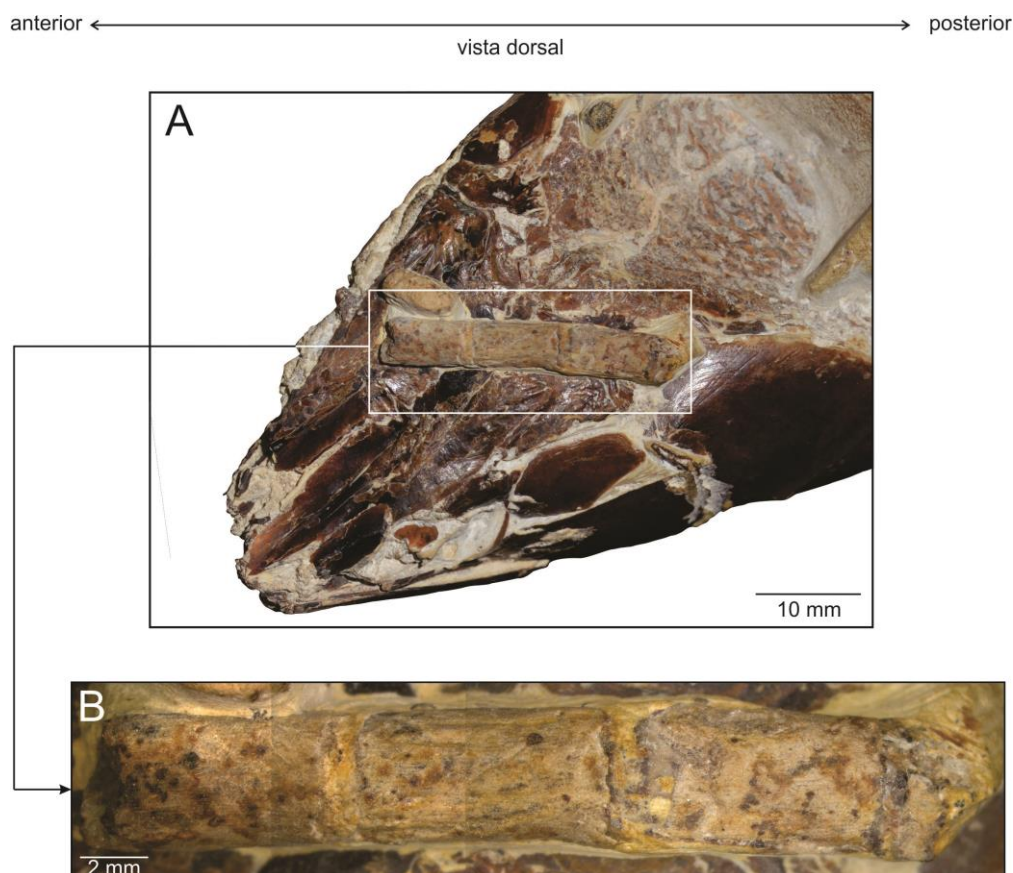


Figura 127. Espécime URC P • 317, *Rhacolepis buccalis*. **A:** teto craniano de *Rhacolepis* portando um ramo vegetal. **B:** ampliação de três entrenós do vegetal. (Figura elaborada pela autora).

No espécime URC P • 317, um espécime de *Rhacolepis* ocorre associado um fragmento de ramo vegetal da Família Cheirolepidaceae, que apresenta evidência de adaptação à aridez, como folhas reduzidas, cutículas espessas, estômatos côncavos e aparência suculenta de ramos e folhas, corroborando o seu caráter xerofítico. Os ramos são articulados com até três segmentos, com uma folha por nó e com filotaxia espiralada. Cada uma delas envolve totalmente o caule, cobrindo com sua região apical (livre) parcialmente a folha seguinte. As folhas apresentam superfície finamente estriada ou com sulcos longitudinais, provavelmente em decorrência do alinhamento das células epidérmicas, especialmente as estomáticas. O vegetal foi identificado como pertencente ao gênero *Pseudofrenelopsis* (VOLTANI et al., 2012).

8.2 Associação e predação

Os moluscos e o fragmento vegetal são interpretados como organismos associados, em função de sua topografia em relação ao espécime estudado: os moluscos bivalves estavam localizados imersos no sedimento na região côncava da concreção, ou seja, na porção externa. O gastrópode foi o único molusco encontrado na face interna da concreção. Tratar a presença dos moluscos e do vegetal, como objetos de predação por parte dos peixes é muito especulativo. Liem (1980), com estudos experimentais, indicou que até mesmo peixes morfológicamente especialistas podem apresentar comportamentos oportunistas, e Elder (1985) atribuiu o comportamento oportunista selecionado por peixes que podem se alimentar de plantas, pois sendo o material vegetal pouco eficiente em termos de obtenção proteica para os peixes, a proteína de presa de origem animal representa melhor fonte alimentar. As estruturas ósseas, por outro lado, devido ao modo como estão agrupadas, permitem outra interpretação e seriam tratadas como associação se a apresentação fosse semelhante àquela observada no espécime URC P • 307 (Figura 128), em que há um pequeno peixe na mesma concreção de um *Vinctifer comptoni*.

Em peixes, a presa é engolida tipicamente inteira, ou em grandes partes, e a presa, ao passar pelo intestino do peixe, não será reconhecido morfológicamente como um organismo total. Nos espécimes GP/2E 2249, GP/2E 8098b e GP/2E 4305 (figuras 122, 124 e 126 respectivamente), as estruturas ósseas encontradas em aglomerados são interpretadas como “ejeta”, que consistem em material expelido pela boca, relativamente rápido, com ruptura mecânica durante a manipulação oral, mas sem processo químico real ou redução de partes em uma pasta irreconhecível. Uma evidência ainda mais clara é apresentada pelo espécime GP/2E 3423 (Figura 125), cujas vértebras alinhadas são aqui incluídas na categoria

“ingerido”, ainda que o conteúdo não esteja intacto (*sensu* McALLISTER, 2003), mas a morfologia é reconhecível e topograficamente está onde seria esperado encontrar o estômago de *Rhacolepis*.

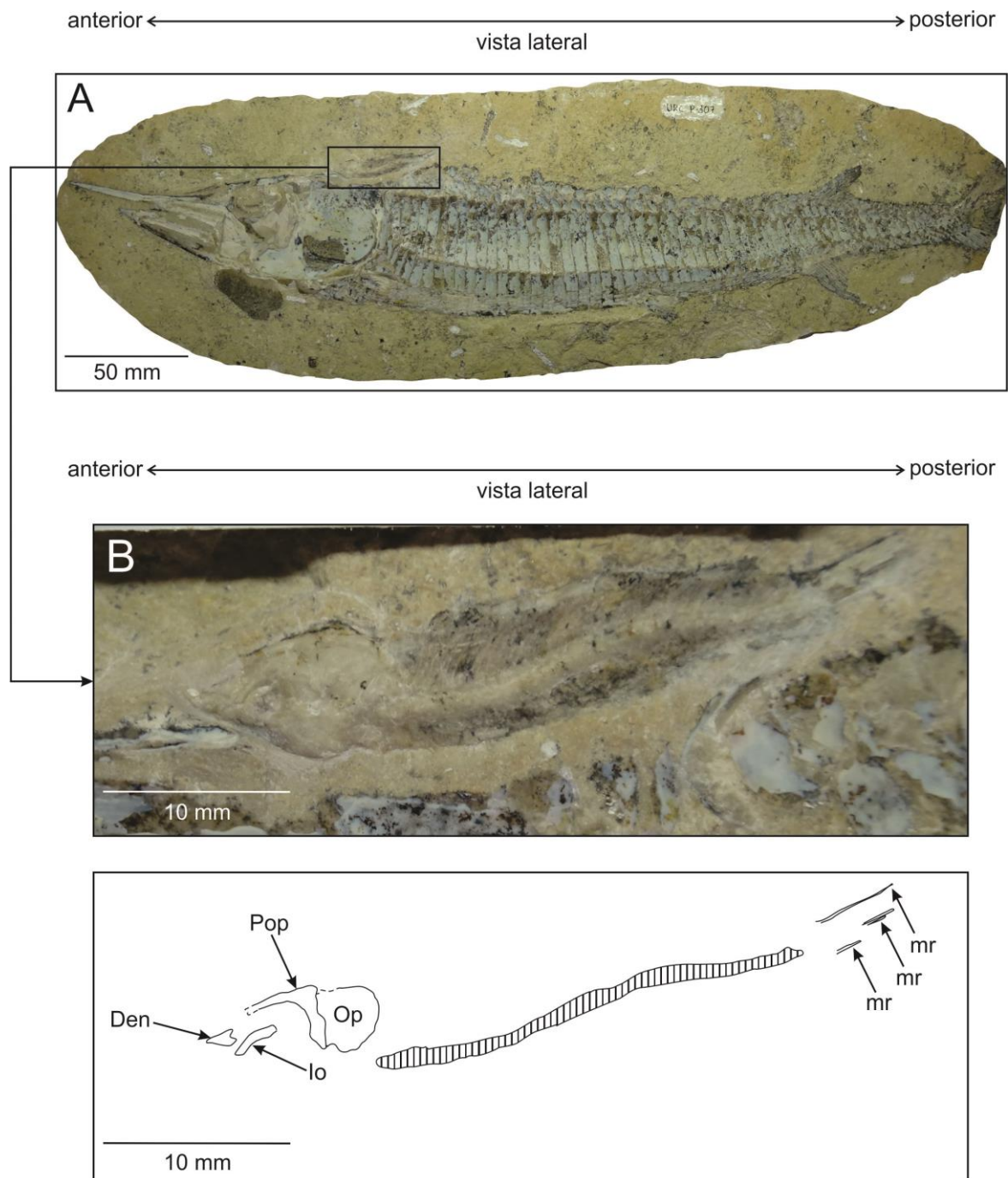


Figura 128. Espécime URC P • 307, *Vinctifer comptoni*. **A:** concreção calcária portando um *V. comptoni* completo e outro pequeno peixe; **B:** ampliação de um pequeno peixe associado à *V. comptoni*. O peixe associado apresenta a região ventral voltada superiormente. **Den:** dentário; **Io:** infraorbital; **mr:** raio de nadadeira caudal; **Op:** opérculo; **Pop:** pré-opérculo. A área hachurada representa a coluna vertebral, presente e articulada. Linhas tracejadas representam incertezas quanto às continuidades das estruturas. (Figura elaborada pela autora).

9 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, mediante preparações química e mecânica dos espécimes de *Notelops* e *Rhacolepis*, encontram-se respectivamente nas subseções 7.5.13 e 7.10.11. No âmbito das características osteológicas observadas, as mais notáveis dizem respeito à presença e quantidade de dentes em diversas estruturas.

O padrão de variação dos traços merísticos, encontrados na bibliografia pertinente, diz respeito aos raios de nadadeiras, escamas e vértebras em relação à variação natural da temperatura. Do mesmo modo afetam a variação dos traços salinidade, intensidade luminosa e conteúdo de oxigênio (HELFMAN et al., 2009), embora possam também ser sensíveis aos eventos anteriores à fertilização, como a idade dos pais (LINDSAY, 1958; BARLOW, 1961).

O período em que os caracteres são mais susceptíveis a modificações corresponde ao desenvolvimento embrionário ou larval. Além disto, aqueles caracteres que são os últimos a aparecerem durante a ontogenia, são os mais instáveis.

A temperatura na qual ocorre o desenvolvimento da larva afeta o crescimento e a taxa de desenvolvimento como um todo. As taxas de crescimento são maiores em altas temperaturas (25-30°C), cerca de seis vezes mais rápida que em condições de baixa temperatura. Além disto, a eficiência de assimilação dos alimentos diminui com o aumento da temperatura, de modo que, para manter a taxa média de crescimento, uma larva em clima tropical necessitaria ingerir três vezes mais alimento que uma larva em clima temperado, da mesma espécie (BARLOW, op. cit).

Períodos de desenvolvimento longo produzem alta contagem em estruturas merísticas, o que aconteceria em baixas temperaturas, ou em alta salinidade ou baixas concentrações de Oxigênio. Mas para dentes não há referências sobre variações, em função das condições ambientais. O questionamento sobre os dentes não ocorre em função de sua quantidade em uma mesma fileira, mas sim em função de uma fileira a mais de dentes no maxilar.

Odontode é o termo proposto (ORVIG, 1967) para incluir as unidades do tecido duro (resistente) esquelético, composto por enamelina, dentina e polpa. Smith & Hall (1990) incluem o tecido basal integrado aos dentes, o “osso de fixação”, desenvolvido com relação topográfica à dentina. O odontode seria produto de interações epitélio-mesenquimais, e modificações nesta interação resultariam em diferentes fenótipos do esqueleto dérmico de peixes, incluindo os dentes da cavidade oral. Entretanto para anfíbios, amniotas reptilianos e mamalianos, os odontodes são encontrados também em tecidos orais, onde funcionam como

dentes, mediante indução da crista neural. Para peixes não há informação disponível sobre o envolvimento da crista neural para o desenvolvimento de dentes ou dentículos (SMITH & HALL, 1990.). Isto excluiria a possibilidade de uma fileira a mais de dentes ser considerada como merística?

Na seção 8 foram apresentadas configurações de temperatura atmosférica alta, no tempo de deposição do Membro Romualdo, o que também afeta a temperatura do corpo de água. Segundo Rohde (1992), o aumento da temperatura na água é tido como desencadeador da diversidade de peixes, afetando o tempo de geração, taxa de crescimento e possivelmente aumentando a taxa de mutação.

Huysseune (2000) trata sobre a plasticidade fenotípica em aparato dentário de ciclídeos, e exhibe interessante resultado: ciclídeos moluscívoros, com robusta mandíbula faríngea e poucos dentes, os quais são grandes e molariformes, apresentando progênie que, por se alimentar de itens moles, apresenta mandíbula faríngea com numerosos, finos e afiados dentes. As duas formas de ciclídeos são originalmente encontradas em lagos africanos e seus sistemas distributivos. As numerosas substituições de dentes, pelas quais os peixes passam, a partir de mudanças na dieta, podem apresentar efeitos fenotípicos de quantidade e morfologia dentária.

Condições ambientais são cruciais para eventos heterocrônicos, assim, a quantidade de fileiras de dentes, bem como a presença destes em outras estruturas da série hiopalatina poderiam ser consideradas pedomórficas, entretanto, o registro sobre plasticidade fenotípica impede afirmações neste sentido.

10 CONCLUSÕES

1. A preparação de espécimes dos gêneros *Notelops* e *Rhacolepis* permitiu a redescrição osteológica de grande parte das estruturas ósseas, mas não todas, sendo os dados obtidos resultantes da fossilização das estruturas e de suas resistências à preparações mecânica e química.
2. As informações osteológicas apresentadas, como contribuição aos gêneros acima mencionados, versam principalmente sobre presença e quantidade de dentes. Para *Notelops*, a existência de dois dentes no paresfenoide, mais de uma fileira de dentes maxilares, e ausência de fenestra no ceratoial anterior. Para *Rhacolepis*, mais de uma fileira de dentes no dentário, mais de uma fileira de dentes no ectopterigoide e quantidade mais aproximada de raios branquiostégios.
3. A espécie *Rhacolepis defiorei* D'Erasmus, 1938 (diferenciada principalmente pela altura corporal, região pós-cefálica proporcionalmente mais curta, e posição da nadadeira ventral em relação à dorsal) apresenta características que podem ser resultantes do processo de fossilização ou mesmo de dimorfismo sexual. O material tipo depositado no IGc foi examinado, e existem poucas estruturas osteológicas passíveis de observação, que são julgadas nesta Tese de Doutorado como insuficientes para análise e avaliação. No que diz respeito ao gênero *Notelops*, a presença de mais fileiras de dentes, em ossos dérmicos maxilares, não parece suficiente para o estabelecimento de outra espécie. Assim o desenvolvimento de metodologia fundamentada em parâmetros morfométricos, para identificação de espécies distintas, deve ser desconsiderada.
4. As inferências paleoecológicas são feitas em parte através do material coletado e em parte através do material emprestado. Estas inferências dizem respeito às associações e predação, esta última relacionada, em parte, ao tipo de dentição presente nos gêneros estudados. Dentre os espécimes de *Notelops* e *Rhacolepis* que apresentam evidências de predação, nos cinco espécimes com maior quantidade de dentes, três apresentavam ejeta e em um havia o conteúdo ingerido (Quadro 6). Estes espécimes não possuem dados de coleta o que impede inferências sobre endemismo. Os materiais coletados em campo não foram adequadamente preparados, em função da tramitação burocrática da Universidade Estadual Paulista para a

aquisição de ácido acético glacial. O material coletado está depositado no Instituto de Geociências e Ciências Exatas e disponível para estudos futuros.

11 REFERÊNCIAS

AGASSIZ, L. J. R. On the fossil fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the North of Brazil, **Edinburgh New Philosophical Journal**, v. 30, p. 82-84, 1841.

AGASSIZ, J. L. R. **Recherches sur les poissons fossiles**, Neuchâtel: Imprimerie Petitpierre, 1833-1844. 5 vols. et atlas

ALBUQUERQUE, P. F. R.; SALES, A. M. F.; ANDRADE, J. A. F. G. Traços fósseis na Formação Cariri (Paleozóico), Bacia do Araripe, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16., 1999, Crato. **Boletim de resumos...** Crato, 1999. p. 11-12.

ARAI, M. Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das bacias interiores do Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n.1, p. 7-15, 2006.

ARAI, M.; COIMBRA, J.C. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior, Chapada do Araripe). In: SIMPÓSIO DE BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Anais...** Crato: DNPM, SBP, SBG, 1990. p. 225-239.

ARAI, M.; COIMBRA, J. C.; SILVA TELES JUNIOR, A. C. Biostratigraphy of Araripe Basin (Northeastern Brasil, South American) based on microfossils. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Abstracts...**, Rio de Janeiro: 2000. Disponível em CD-ROM.

ARRATIA, G. Actinopterygian postcranial skeleton with special reference to the diversity of fin ray elements, and the problem of identifying homologies. In: Mesozoic fishes 4 – Homology and Phylogeny, 4., 2005, Miraflores de La Sierra. **Proceedings...** München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2008. p. 49-101.

ASSINE, M. L. **Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. 1990. 128f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.

ASSINE, M. L. Paleocorrentes e Paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 223-232, 1994.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe, **Boletim Geociências Petrobrás**, v. 15, p. 371-389, 2007.

BARLOW, G. W. Causes and significance of morphological variation in fishes, **Systematic Zoology**, v. 10, n. 3, p. 105-117, 1961.

BATE, R.H. Phosphatized ostracods with appendages from the Lower Cretaceous of Brazil, **Palaeontology**, v. 15, p. 379-393, 1972.

- BAUDIN, F.; BERTHOU, P. Y; HERBIN, J. P.; CAMPOS, D. A. Matière organique et sedimentation argileuse dans le Crétacé du Bassin d'Araripe. Comparaison avec les données du Crétacé d'autres bassins brésiliens. In: SIMPÓSIO DE BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Anais...** Crato: DNPM, SBP, SBG, 1990. p. 83-93.
- BERTHOU, P. Y. Le Bassin d'Araripe et les petits bassins intracontinentaux voisins (NE du Brésil); formation et evolution dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique équatorial. Comparaison avec les bassins ouest-africains situés dans le même contexte. In: SIMPÓSIO DE BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Anais...** Crato: DNPM, SBP, SBG, 1990. p. 113-134.
- BEURLLEN, K. A Geologia da Chapada do Araripe, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 34, n.3, p. 365-370, 1962.
- BEURLLEN, K. Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA, 17., 1963, Recife. **Anais...**, Recife: SBG, 1963. p. 1-47.
- BEURLLEN, K. As espécies dos Cassiopinæ, nova subfamília dos Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil, **Arquivos de Geologia da UFPE**, Pernambuco, v. 5, p. 1-43, 1964.
- BEURLLEN, K. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 455-464, 1966.
- BEURLLEN, K. Bacias sedimentares do bloco brasileiro, **Estudos Sedimentológicos**, v. 1, n. 2, p. 7-32, 1971.
- BEURLLEN, K.; MABESOONE, J. M. Bacias cretácicas intracontinentais do Nordeste do Brasil, **Notícias Geomorfológicas**, v. 9 (18), p. 19-34, 1969.
- BRAUN, O. P. G. Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da região Nordeste do Brasil (bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe), **Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral**, n. 236, p. 1-69, 1966.
- BRIGGS, D. E. G. The role of decay and Mineralization in the preservation of soft-bodied fossils, **Annual Review Earth Planetary Sciences**, v. 31, p. 275-301, 2003.
- BRIGGS, D. E. G.; WILBY, P. R. The role of the calcium carbonate-calcium phosphate switch in the mineralization of soft-bodied fossils, **Journal of the Geological Society**, v. 153, p. 665-668, 1993.
- BRITO, I. M. A Formação Santana na Chapada do Araripe, **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 12, p. 70-85, 1989.
- BRITO, I. M. A Formação Santana na Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 70-82, 1994.
- BRITO, P. M. A new halecomorph with two dorsal fins, *Placidichthys bidorsalis* n. g., n. sp. (Actinopterygii: Halecomorphi) from the Lower Cretaceous of the Araripe Basin, northeast Brazil, **C. R. Acad. Sci. Paris.**, v. 331, p. 749-754, 2000.

BRITO, P. M.; FERREIRA, P. L. N. The first hybodont shark, *Tribodus limae* n. g., n. sp., from the Lower Cretaceous of Chapada do Araripe (North-East Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 61, n. 1, p. 53-57, 1989.

BRITO, P. M.; GALLO, V. A new species of *Lepidotes* (Neopterygii: Semionotiformes: Semionotidae) from the Santana Formation, Lower Cretaceous of northeastern Brazil, **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 23, n.1, p. 47-53, 2003.

BRITO, P. M.; SERET, B. The new genus *Iansan* (Chondrichthyes, Rhinobatoidea) from the Early Cretaceous of Brazil and its phylogenetic relationships. In: Mesozoic fishes - Systematics and Paleoecology, 1996. **Proceedings...** München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 1996. p. 47-62.

BRITO, P. M.; LEAL, M. E. C.; GALLO, V. A new lower Cretaceous guitarfish (Chondrichthyes, Batoidea) from the Santana formation, Northeastern Brazil, **Boletim do Museu Nacional, Geologia**, v. 75, p. 1-13, 2013.

BRITO-NEVES, B. B., A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: SIMPÓSIO DE BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Anais...** Crato: DNPM, SBP, SBG, 1990. p. 21-33.

BURNETT, W.C. Geochemistry and origin of phosphorite deposits from off Peru and Chile, **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 88, p. 813-823, 1977.

CASTRO, R. M. C.; CASTRO, M. M. C. Proposta de uma nomenclatura osteológica para Characiformes (Pisces: Ostariophysii), **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, v. 3 (1), p. 25-32, 1987.

CHAGAS, M. L. **Litoestratigrafia da Bacia do Araripe: reavaliação e propostas para revisão**. 2006. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARREÑO, A. L. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, Northeastern Brazil, **Geobios**, v. 35, p. 687-698, 2002.

COPE, E. D. On the families of fishes of the Cretaceous formation in Kansas, **Proc. Am. Phil. Soc.**, v. 12, p. 327-357, 1872.

CRESSEY, R.; PATTERSON, C. Fossil parasitic copepods from a Lower Cretaceous fish, **Science**, v. 180, p. 1283-1285, 1973.

DE BEER G. R. **The development on the vertebrate skull**. Chicago: University of Chicago, 1937. xlvii + 597p.

D'ERASMO, G. Ittioliti cretacei del Brasile, **Atti Academia Scienza Fisica Matematica**, v. 1, n. 3, p. 1-44, 1938.

DUNKLE, D. H. The cranial osteology of *Notelops brama* (Agassiz), an elopid fish from the Cretaceous of Brazil, **Lloydia**, v.3, p. 157-190, 1940.

ELDER, R. L. **Principles of Aquatic Taphonomy with Examples from the Fossil Record**. 1985. 336f. Thesis (Geology). University of Michigan, Ann Arbor, 1985.

FARINA, M. Seqüência plumbífera do Araripe - mineralização sulfetada no Cretáceo sedimentar brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: SBG, 1974. v. 6, p. 61-77.

FIGUEIREDO, F. J.; GALLO, V. A new teleost fish from the early Cretaceous of northeast Brazil, **Bol. Mus. Nac.**, v. 73, p. 1-23, 2004.

FIGUEIREDO, F. J.; SANTOS, R. S. Sobre *Neoproscinetes penalvai* (Silva Santos, 1970) (Pisces, Pycnodontiformes) do Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil, **Academia Brasileira de Ciências**, v. 62, n.3, p. 269-282, 1990.

FINK, W. L. Ontogeny and phylogeny of tooth attachment modes in actinopterygian fishes, **Journal of Morphology**, p. 167-184, 1981.

FOREY, P. L. The osteology of *Notelops* Woodward, *Rhacolepis* Agassiz and *Pachyrhizodus* Dixon (Pisces: Teleostei), **Bulletin of the British Museum**, v. 24, p. 125-204, 1977.

GALLO, V.; FIGUEIREDO, F. J.; AZEVEDO, S. A. *Santanasalmo elegans* gen. et sp., a basal euteleostean fish from the Lower Cretaceous of the Araripe Basin, northeastern Brazil, **Cretaceous Research**, v. 30, p. 1357-1366, 2009.

GASPARY, J.; ANJOS, N. F. R. **Estudo hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará**. SUDENE, 1964. (Série Hidrogeologia, 3). 25p.

GHIGNONE, J. I. Ensaio de Paleogeografia do Nordeste e as seqüências sedimentares. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 26., 1972, Belém. **Anais...**, Belém: SBG, 1972, v. 3, p. 21-28.

GHIGNONE, J. I.; COUTO, E. A.; ASSINE, M. L. Estratigrafia e estrutura das bacias de Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBG, 1986. v. 1, p. 271-285.

GRANDE, L. An empirical synthetic pattern study of gars (Lepisosteiformes) and closely related species, based mostly on skeletal anatomy. The resurrection of Holostei, **Copeia**, Special Publication, v. 6, p. 1-871, 2010.

GRANDE, L. & BEMIS, W. E. A comprehensive phylogenetic study of amiid fishes (Amiidae) based on comparative skeletal anatomy. An empirical search for interconnected patterns of natural history, **Society of Vertebrate Paleontology, Memoir**, v. 4, p. 1-690, 1998.

GULBRANDSEN, R. A. Physical and chemical factors in the formation of marine apatite, **Economic Geology**, v. 64, p. 365-382, 1969.

HASHIMOTO, A. T.; APPI, C. J.; SOLDAN, A. L.; CERQUEIRA, J. R. O Neo-Alagoas nas bacias de Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 118-122, 1987.

- HEIMHOFER, U.; HESSELBO, S. P.; PANCOST, R. D.; MARTILL, D. M.; HOCHULI, P. A.; GUZZO, J. V. P. Evidence for photic-zone euxinia in the Early Albian Santana Formation (Araripe Basin, NE Brazil), **Terra Nova**, v. 20, p. 347-354, 2008.
- HELFMAN, G. S.; COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E.; BOWEN, B. W. Early life history. In: _____. **The diversity of fishes – biology, evolution, and ecology**. 2nd. Malásia: Wiley-Blackwell, 2009. Cap. 9, p. 129-148.
- HUYSSSEUNE, A. Developmental plasticity in the dentition of a heterodont polyphyodont fish species. In: TEADFORD, M. F.; SMITH, M. M.; FERGUNSON, M. W. J (Ed.). **Development, function and evolution of teeth**. New York: Cambridge University Press, 2000. Cap. 16, p. 231-241.
- JORDAN, D. S.; BRANNER, J. C. The Cretaceous fishes of Ceará, Brazil, **Smithsonian Miscellaneous Collection**, v. 52, p. 1-29, 1908.
- KIDWELL, S. M.; FÜRSICH, F. T.; AIGNER, T. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations, **Palaios**, v. 1, p. 228-238, 1986.
- LAWRENCE, D. R.. The nature and structure of Paleocology, **Journal of Paleocology**, v. 45, p. 593-607, 1971.
- LEAL, M. E. C.; BRITO, P. M. The ichthyodectiform *Cladocyclus gardneri* (Actinopterygii: Teleostei) from the Crato and Santana Formations, Lower Cretaceous of Araripe Basin, North-Eastern Brazil, **Annales de Paléontologie**, v. 90, p.103-113, 2004.
- LECKIE, R. M.; BRALOWER, T. J.; CASHMAN, R. Oceanic anoxic events and plankton evolution: biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous, **Paleoceanography**, v. 17, p. 1-29, 2002.
- LIEM, K. F. Adaptative significance of intra- and interspecific differences in the feeding repertoires of cichlid fishes, **American Zoologist**, p. 295-314, 1980.
- LIMA, M. R. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. 1978. 335f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.
- LIMA, M. R.; PERINOTTO, J. A. J. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, p. 67-76, 1984.
- LIMA, R. J. C.; SARAIVA, A. A. F.; LANFREDI, S.; NOBRE, M. A. L.; FREIRE, P. T. C.; SASAKI, J. M. Caracterização espectroscópica de peixe do Período Cretáceo (Bacia do Araripe), **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 22-24, 2007.
- LINDSEY, C. C. Modification of meristic characters by light duration in Kokanee, *Oncorhynchus nerka*, **Copeia**, p. 134-136, 1958.
- MABESOONE, J. M., Problemas sedimentológico-estratigráficos das bacias interiores do Nordeste. In: SIMPÓSIO DE BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Anais...** Crato: DNPM, SBP, SBG, 1990. p 135-206.

- MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. Paleocology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil), **Palaeogeography, Palaeoclimatology Paleaeocology**, v. 14, n. 2, p. 87-11, 1973.
- MACHADO, D. L., Jr.; DEHIRA, L. K.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. Reconstruções paleoambientais do Juro-Cretáceo do Nordeste Oriental brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n.4, p. 470-485, 1989.
- McALLISTER, J. Predation of fishes in the fossil record. In: KELLEY, P. H.; KOWALEWSKI, M.; HANSEN, T. A. (Ed.). **Predator-Prey Interactions in the Fossil Record**. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. Cap. 12, p. 303-324. (Topics in Geobiology, v. 20).
- MAISEY, J. G. Coelacanths from the Lower Cretaceous of Brazil, **Amer. Mus. Novitates**, n. 2866, p. 1-30, 1986.
- MAISEY, J. Fossil forensics. In: _____(Ed.). **Santana fossils, an illustrated Atlas**. Neptune City: Tropical Fish Hobby's Publications, 1991a. Cap. 9, p. 57-89
- MAISEY, J. G. Systematic Atlas - Fishes. In: _____(Ed.). **Santana fossils, an illustrated Atlas**. Neptune City: Tropical Fish Hobby's Publications, 1991b. Cap. 13, p. 248-258.
- MAISEY, J. G. Systematic Atlas - Fishes. In: _____(Ed.). **Santana fossils, an illustrated Atlas**. Neptune City: Tropical Fish Hobby's Publications, 1991c. Cap. 13, p. 258-271.
- MAISEY, J. G. Paleogeography of the Araripe Basin. In: _____(Ed.). **Santana fossils, an illustrated Atlas**. Neptune City: Tropical Fish Hobby's Publications, 1991d. Cap. 8, p. 40-43.
- MAISEY, J. G. A new clupeomorph fish from the Santana Formation (Albian) of NE Brazil, **Amer. Mus. Novitates**, n. 3076, p. 1-15, 1993.
- MAISEY, J. G. Continental break up and the distribution of fishes of Western Gondwana during the Early Cretaceous, **Cretaceous Research**, v. 21, p. 281-314, 2000.
- MANN, T. Da cidade de Deus e da redenção pelo mal. In: _____. **A montanha mágica**. 10ª edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. Cap. 6, p. 384-600.
- MARTILL, D. M. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil, **Palaeontology**, v. 31, n.1, p. 1-18, 1988.
- MARTILL, D. M. The Medusa effect: instantaneous fossilization, **Geology Today**, v. 5, n. 6, p. 201-205, 1989.
- MARTILL, D. M. Macromolecular resolution of fossilized muscle tissue from an elopomorph fish, **Nature**, v. 346, p. 171-172, 1990.
- MARTILL, D. M.; WILBY, P. J. Stratigraphy. In: MARTILL, D. M. (Ed.) **Fossils of Santana and Crato Formations, Brazil**. Londres: Palaentological Association Field Guides to Fossils, 1993. Cap. 3, p. 20-50.

MARTILL, D. M. La fossilization instantanée, **La Recherche**, v. 269, n. 25, p. 996-1002, 1994.

MARTILL, D.M., BECHLY, G., LOVERIDGE, R.F. **The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World**. New York: Cambridge University Press, 2007. 675p.

MARTILL, D. M.; BRITO, P. M.; WASHINGTON-EVANS, J. Mass mortality of fishes in the Santana Formation (Lower Cretaceous, ?Albian) of Northeast Brazil, **Cretaceous Research**, v. 29, p. 549-658, 2008.

MATOS, R. M. D. The northeast Brazilian rift system, **Tectonics**, v. 11, p. 766–791, 1992.

MAYRINCK, D.; BRITO, P. M. OTERO, O. A new albuliform (Teleostei: Elopomorpha) from the Lower Cretaceous Santana Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, **Cretaceous Research**, v. 31, p. 227-236, 2010.

MOHR, B. A. R.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; LOVERIDGE, R. The macrophyte flora of the Crato Formation. In: MARTILL, D. M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R. (Ed.). **The Crato Fossil Beds of Brazil – Window into an Ancient World**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Cap. 19, p. 537-566.

MOURA, M. V.; BORGHI, L. Análise das fácies siliciclásticas da parte superior da Formação Santana (Bacia do Araripe). Caracterização de potenciais rochas-reservatório. In: CONGRESSO BRASILEIRO P & D EM PETRÓLEO E GÁS, 2005, Salvador. **Abstracts...**, Salvador: 2005. Disponível em CD-ROM.

NELSON, J. G. Superclass Gnathostomata. In: _____. **Fishes of the world**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006. p. 34-468.

NEUMANN, V. H.; CABRERA, L. 1999. Una Nueva Propuesta Estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de araripe, Noreste de Brasil In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL E SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 5., 1., 1999, Serra Negra. **Atas...**, Rio Claro: UNESP, 1999. p. 279-285.

ORVIG, T. Phylogeny of tooth tissues: Evolution of some calcified tissues in early vertebrates. In: MILES, A. E. W. (Ed.). **Structural and Chemical Organization of Teeth**. London: Academic Press, 1967. p. 45-110.

PEREIRA, P. A.; CASSAB, R. C. T.; BARRETO, A. M. F.; ALMEIDA, J. A. C. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil, **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.** v. 10 (2), p. 231-246, 2015.

PATTERSON, C. & ROSEN, D. E. Review of Ichthyodectiform and other Mesozoic teleost fishes and the theory and practice of classifying fossils, **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 158, p. 81-172, 1977.

PETRI, S. Cretaceous paleogeographic map of Brazil, **Palaeogeography Palaeoclimatology Paleocology**, v. 59, p. 117-168, 1987.

PRICE, G.D.; SELLWOOD, B.W.; CORFIELD, R.M.; CLARKE, L.; CARTLIDGE, J.E., Isotopic evidence for palaeotemperatures and depth stratification of Middle Cretaceous planktonic foraminifera from the Pacific Ocean, **Geological Magazine**, v. 135, 183–191, 1998.

PONTE, F. C. Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. In: SIMPÓSIO CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994, Rio Claro. **Boletim...**, Rio Claro: UNESP, 1994. p. 131-135.

PONTE, F. C.; APPI, C. J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990. **Anais...**, Belém: SBG, 1990. V. 1, p. 211-226.

ROHDE, K. Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause, **Oikos**, v. 65, p. 514-527, 1992.

ROLIM, J. L.; MABESOONE, J. M. Um modelo de grande rio para as bacias rift de Recôncavo-Tucano-Jatobá (Purbeckiano-Aptiano, Nordeste do Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...**, Salvador: SBG, 1982. V. 4, p. 1406-1412.

SALES A. M. F. **Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental**. 2005. 131f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

SANTOS, M. E. M. Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE / PI / CE). In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...**, Salvador: SBG, 1982. V. 4, p. 1412-1426.

SCHULTZE, H. P. Three-dimensional muscle preservation in Jurassic fishes of Chile, **Rev. Geol. Chile**, v. 16, n. 2, p. 183-215, 1989.

SEILACHER, A.; REIF, W. E.; WESTPHAL, F.; RIDING, R.; CLARKSON, E. N. K.; WHITTINGTON, H. B. Sedimentological, Ecological and Temporal Patterns of Fossil Lagerstätten [and Discussion], **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B**, v. 311, p. 5-23, 1985.

SILVA SANTOS, R. *Leptolepis diasii*, novo peixe fóssil da Serra do Araripe, Brasil, **Notas Prelim. Estudos**, v. 108, p. 1-15, 1958.

SILVA SANTOS, R. A paleoictiofauna da Formação Santana – Holostei: Família Girodontidae, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 42, p. 445-452, 1970.

SILVA SANTOS, R. Nouveau genre et espèce d'Elopidae du Basin Sédimentaire de la Chapada do Araripe, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 43, n. 2, p. 439-442, 1971.

SILVA SANTOS, R. *Araripichthys castilhoi* novo gênero e espécie de teleostei da Formação Santana, Chapada do Araripe, Brasil, **Colt. Trab. Paleont. Bras., DNPM**, p. 133-139, 1985.

SILVA SANTOS, R. Nova conceituação genérica de *Lepidotes temnurus* Agassiz, 1841 (Pisces-Semionotidae), **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 62, n. 3, p. 239-249, 1990.

SILVA SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna, **Anais da Academia Brasileira Ciências**, v. 40, n. 3, p. 339-360, 1968.

SMALL, H. **Geologia e suprimento de água subterrânea no Ceará e parte do Piauí**. Inspetoria de Obras Contra Secas, 1913. (Série Geologia). 180p.

SMITH, M. M.; HALL, B. K. A developmental model for evolution of the vertebrate exoskeleton and teeth: The role of cranial and trunk neural crest. In: HECHT, M. K.; MACINTYRE, R. J.; CLEGG, M. T. (Ed.). **Evolutionary Biology**. New York: Plenum Press, 1990. p. 387-448.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica: guia de nomenclatura estratigráfica, **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, p. 370-415, 1996.

TOOMBS, H. A; RIXON, A. E. The use of acids in the preparation of vertebrate fossils, **Curator**, p. 304-312, 1959.

VIANA, M. S. S. Diagenetic influence on the preservation of biomineralized tissues of fishes from the Brazilian Cretaceous. In: IAS, INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 15., 1998, **Abstracts...**, 1998. p. 797-799.

VIANA, M. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. Distribuição estratigráfica dos fósseis na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO PALEONTOLOGIA, 14., 1995, Uberaba. **Anais...**, 1995. p. 141-142.

VOLTANI, C. G.; RENDÓN, P. A. S.; BERNARES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; BERTINI, R. J. Ocorrência de *Rhacolepis buccalis* Agassiz, 1841 (Pachyrhizodontidae) em associação com ramos de *Pseudofrenelopsis* (Cheirolepidaceae), oriundos do Membro Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 46., 2012, Santos. **Anais...**, Santos: SBG, 2012. Disponível em CD-ROM.

WEEKS, L. G. Environment and mode of origin and facies relationship of Carbonate concretions in shales, **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 23, n.3, p. 162-173, 1953.

WELLS, R.D.; ERICKSON, E.T. The analysis and composition of fatty material produced by the decomposition of herring in sea water, **Journal of the American Chemical Society**, v. 55, p. 338-341, 1933.

WENZ S. *Iemanja palma* n.g., n.sp., gyrodontide nouveau (Pisces, Actinopterygii) du Crétacé inférieur de la Chapada do Araripe (N-E du Brésil), **Compt. Rendus Acad. Sci. Paris.**, v. 308, n. 2, p. 975-980, 1989.

WENZ, S.; BRITO, P. M. Première découverte de Lepisosteidae (Pisces, Actinopterygii) dans le Crétacé inférieur de la Chapada do Araripe (N-E, du Brésil). Conséquences sur la

phylogénie des Ginglymodi, **Compt. Rendus Acad. Sci., Paléontologie.**, v. 314, n. 2, p. 1519-1525, 1992.

WENZ, S.; A. W. A. KELLNER. Découverte du premier Ionoscopidae (Pisces, Halecomorphi) sud-américain, *Oshunia brevis* n. g., n. sp., dans le Crétacé Inférieur de la Chapada do Araripe (Nord-Est du Brésil), **Bulletin Muséum National d'histoire Naturelle de Paris**, v. 1, p. 77-88, 1986.

WILBY, P. R.; BRIGGS, D. E. G.; BERNIER, P.; GAILLARD, C. Role of microbial mats in the fossilization of soft tissues, **Geology**, v. 2, n. 9, p. 787-790, 1996.

WOODWARD, A. S. On the fossil teleostean genus *Rhacolepis*, Agassiz, **Proc. zool. Soc. Lond.**, p. 535-542, 1887.

WOODWARD, A. S. **Catalogue of Fossil Fishes in the British Museum (Natural History), Part IV**. London: British Museum (Natural History), 1901. 636p.

12 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALBERCH, P. Ontogenesis and morphological diversification, **American Zoologist**, v. 20, n. 4, p. 653-667, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação : sumário: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14754**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

BENTON, M. J. **Vertebrate paleontology**. 3nd. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 467p.

CARVALHO, M. S. S.. **O gênero *Mawsonia* (Sarcopterygii, Actinistia) no Cretáceo das bacias Sanfranciscana, Tucano, Araripe, Parnaíba e São Luís**. 2002. 208f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.

FOREY, P. L. A revision of the elopiform fishes, fossil and recent, **Bulletin of the British Museum (Natural History)**, supplement 10, p. 1-228, 1973.

FOREY, P. L.; LITTLEWOOD, D. T. J.; RITCHIE, P.; MEYER, A. Interrelationships of elopomorph fishes. In: STIASSNY, M. L. J.; PARENTI, L. R.; JOHNSON, G. D. (Ed.). **Interrelationships of Fishes**. San Diego: Academic Press, 1996. Cap. 9, p. 175-191.

FOREY, P. L.; MAISEY, J. G. Structure and relationships of *Brannerion* (Albuloidei), an Early Cretaceous teleost from Brazil. In: NELSON, J. S.; SCHULTZE, H. P.; WILSON, M. V. H. (Ed.). **Origin and Phylogenetic Interrelationships of Teleosts**. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2010. p. 183-218.

HEIMHOFER, U.; HOCHULI, P. A. Early Cretaceous angiosperm pollen from a low-latitude succession (Araripe Basin, NE Brazil), **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 161, p. 105-126, 2010.

HERZOG, A.; SALES, A. M. F.; HILLMER, G. **The UNESCO Araripe Geopark, a short story of the evolution of life, rocks and continents**. Fortaleza: Expressão gráfica e editora, 2008. 80 p.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 2ª edição. São Paulo: Atheneu, 2006. 639p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Normas de apresentação tabular**. 3ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 62p.

MAISEY, J.G. Phylogeny of early vertebrate skeletal induction and ossification patterns, **Evolutionary Biology**, v. 22, p. 1-30, 1988.

PATTERSON, C. The braincase of pholidophorid and lepitolepid fishes, with a review of the actinopterygian braincase, **Phil. Trans. R. Soc. London B**, v. 269, p. 275-579, 1975.

PAPAVERO, N. (Org.). **Fundamentos práticos de taxonomia zoológica**. 2ª edição. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1994. 286p.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia Marinha**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 384p.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 4ª edição. São Paulo: Atheneu, 2008. 764p.

RAU, G. H.; TAKAHASHI, T.; MARAIS, D. J. D. Latitudinal variations in plankton $\delta^{13}\text{C}$: implications for CO_2 and productivity in past oceans, **Nature**, v. 341, p. 516-518, 1989.

ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. **Anatomia comparada dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1985. 560p.

SILVA SANTOS, R. **Fósseis do Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: CEPUERJ, 1991. 64p.

STEUBER, T.; RAUCH, M.; MASSE, J. P.; GRAAF, J.; MALKOČ, M. Low-latitude seasonality of Cretaceous temperatures in warm and cold episodes, **Nature**, v. 437, p. 1341-1344, 2005.

STRAUSS, R. E.; BOND, C. E. Taxonomic methods: Morphology. In: SCHRECK, C. B.; MOYLE, P. B. (Ed.). **Methods for Fish Biology**. Maryland: American Fisheries Society, 1990. p. 109–140.

TUFANO, D. **Guia prático da nova ortografia**. 2ª edição. São Paulo: Melhoramentos, 2009. 17p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Normas para publicações da UNESP: referências**. São Paulo: Editora Unesp, 2010. v. 1.

VIDELER, J. J. The structure of the swimming apparatus: body axis and fins. In: _____. **Fish swimming**. Great Britain: Chapman & Hall, 1993. Cap. 3, p. 41-92.