

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

RUDAH RUANO CAVALCANTI DUQUE

**OS VERTEBRADOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, (CRETÁCEO
INFERIOR, BACIA DO ARARIPE) EM EXU E ARARIPINA, PERNAMBUCO,
NORDESTE DO BRASIL.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Recife
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – CTG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS – PPGEOC

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Os vertebrados fósseis da Formação Romualdo (Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe) em Exu e Araripina, Pernambuco, Nordeste do Brasil.



Rudah Ruano Cavalcanti Duque

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Alcina Magnólia Franca Barreto

Recife / 2017

RUDAH RUANO CAVALCANTI DUQUE

**OS VERTEBRADOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO ROMUALDO (CRETÁCEO
INFERIOR, BACIA DO ARARIPE) EM EXU E ARARIPINA, PERNAMBUCO,
NORDESTE DO BRASIL.**

Dissertação apresentada à Pós-graduação em Geociências, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientado pela Prof^a Dr^a Alcina Magnólia Franca Barreto, como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção de grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental.

Recife, 2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

- D946v Duque, Rudah Ruano Cavalcanti.
Os vertebrados fósseis da formação Romualdo, (Cretáceo inferior, Bacia do Araripe) em Exu e Araripina, Pernambuco, Nordeste do Brasil / Rudah Ruano Cavalcanti Duque. – Recife, 2017.
94 f.: il., fig. tab.
- Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alcina Magnólia Franca Barreto.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2017.
Inclui Referências e Apêndice.
1. Geociências. 2. Araripe. 3. Assembléia Exu. 4. Associação fossilífera. 5. Paleontologia. 6. Pernambuco. 7. Vertebrados. I. Barreto, Alcina Magnólia Franca (Orientadora). II Título.

**OS VERTEBRADOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO ROMUALDO (CRETACEO
INFERIOR, BACIA DO ARARIPE) EM EXU E ARARIPINA, PERNAMBUCO,
NORDESTE DO BRASIL.**

RUDAH RUANO CAVALCANTI DUQUE

Aprovado em: Recife, 30 de Maio de 2017

Banca examinadora:

Dr^a Alcina Magnólia Franca Barreto (Presidente)

Dr^a Paula Andrea Sucerquia Rendón (Membro interno)

Dr. Thiago da Silva Marinho (Membro externo)

Dr. Edison Vicente de Oliveira (Suplente interno)

Dr^a. Marcia Cristina da Silva (Suplente externo)

Dedico a Maria Alice de Azevedo Duque.

“Primeiro aprender a ficar em pé, depois aprender a voar. Lei da natureza.”

Mestre Miyagi

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Geociências pela oportunidade e possibilidade de executar esse trabalho, e a todo corpo docente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro concedido durante o mestrado.

A Prof^a Alcina, pela orientação, por ter colaborado da melhor forma possível para o sucesso deste trabalho e por depositar em mim sua confiança.

Ao Paleolab, pela infraestrutura e a todos meus amigos que fazem ou já fizeram parte dele. Rilda, Daniel, Rafael, Gabriel, Karol, Ludmila, Jefferson, Márcia, Paula, Priscilla, Rizoaldo... Vocês me ajudaram muito, de forma direta ou indireta.

Ao Krishnamurti, secretário do PPGEOC, que sempre esteve disposto a ajudar nas questões administrativas do curso e me auxiliou na minha defesa.

A prefeitura do município de Exu pelo apoio com logística local durante nossas estadias e a todos que auxiliaram nos trabalhos de campo, especialmente à Genilma Cordeiro e Cícero Marcelino.

A equipe do projeto Tesouros do Araxá do SESI de Araripina, pelo apoio durante a passagem da equipe do Paleolab e pelo compromisso com o patrimônio fossilífero de Araripina.

Aos que me auxiliaram com bibliografias, principalmente Taissa Rodrigues.

A Aline Ghilardi e Tito Aureliano pelas conversas sobre identificação, envergadura e histologia em pterossauros e por sempre me incentivar a trabalhar com tetrápodes.

A Maurilio de Moraes e José Fidelis pela preparação das lâminas histológicas.

A Yumi Asakura, Gabriel Shiraishi e Ricardo Lobo pelo auxílio na fotografia das lâminas.

A Anny por ter me ensinado a desenhar no CorelDraw.

A minha mãe Ana Rosa e meus irmãos Renan e Rayana, pelo carinho e incentivo quando mais preciso e toda minha família que sempre apoiou minha formação.

A Seu João, Dona Nice e Juninho, eu não teria conseguido sem o apoio de vocês.

A Jakeline Azevedo, pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida acadêmica.

E por fim, à Maria Alice. Ela não sabe, mas me deu forças para conseguir chegar aqui.

RESUMO

A Formação Romualdo (Ceará, Pernambuco e Piauí) é um dos principais depósitos fossilíferos cretácicos do mundo, principalmente por sua importante fauna de vertebrados do Albiano. Os seus fósseis vem sendo estudados desde o século 19. A região pernambucana da bacia é menos pesquisada em relação à porção cearense, daí surgiu o objetivo do presente trabalho, que se dedica ao estudo da diversidade fossilífera da Formação Romualdo em um município pernambucano, com ênfase em paleovertebrados. Foram estudados oito sítios fossilíferos na porção sudoeste da Bacia do Araripe. Os resultados são apresentados na forma de duas publicações. A primeira com o inventário de sítios novos e antigos, apresentando dados qualitativos e quantitativos, com o levantamento de 16 táxons, incluindo 11 espécies de peixes, a saber: *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis*, *Calamopleurus cylindricus*, *Cladocyclus gardneri*, *Neoproschinetes penalvai*, *Paraelops cearenses*, *Tharrhias araripis*, *Notelops brama*, *Araripелеpdotes temnurus*, *Brannerion latum* e *Beurlenichthys ouricuriensis*. Pterossauros Anhangueridae e quelônios (*Araripemys barretoii*) também estão presentes. A segunda publicação descreve morfologicamente elementos ósseos de dois pterossauros, DGEO-CTG-UFPE 7571, que inclui carpos, fragmentos de rádio, ulna e metacarpos, todos articulados. Esse espécime era um Anhangueridae que possuía envergadura alar entre 5,5 e 5,8 metros e, através do estudo histológico, conclui-se que era indivíduo jovem e, sendo esse, o primeiro registro de pterossauro para o município de Araripina. O outro espécime, DGEO-CTG-UFPE 7781 é identificado como Pterodactyloidea e consiste em fragmentos proximais dos três primeiros dígitos da mão e seus respectivos ungueais e fragmentos do quarto dígito. Este trabalho contribui para um melhor entendimento da paleodiversidade de vertebrados na porção sudoeste da Bacia do Araripe e amplia o acervo paleontológico do estado de Pernambuco.

PALAVRAS-CHAVE: Araripe. Assembleia Exu. Associação fossilífera. Paleontologia. Pernambuco. Vertebrados.

ABSTRACT

The Romualdo Formation (Ceara, Pernambuco and Piauí) is one of the main Cretaceous fossiliferous deposits in the world, mainly for its important fauna of vertebrates in the Albian. Its fossils have been studied since the 19th century. The Pernambuco portion of the basin is less researched in relation to the Ceara portion, thence the objective of the present work, which is dedicated to the study of the fossiliferous diversity of the Romualdo Formation in a municipality of Pernambuco, with emphasis on paleovertebrates. Nine fossiliferous sites were studied in the southwest portion of the Araripe Basin. The results are presented in the form of two publications. The first one is the inventory of new and old sites, presenting qualitative and quantitative data, with the survey of 16 taxa, including 11 species of fish, namely: *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis*, *Calamopleurus cylindricus*, *Cladocycclus gardneri*, *Neoproscinetes penalvai*, *Paraelops cearenses*, *Tharrhias araripis*, *Notelops brama*, *Araripelepdotes temnurus*, *Brannerion latum* and *Beurlenichthys ouricuriensis*. Pterosaurs *Anhangueridae* and chelonians (*Araripemys barretoii*) are also present. The second publication describes morphologically the bone elements of two pterosaurs, DGEO-CTG-UFPE 7571, which includes carpi, radio fragments, ulna and metacarpals, all articulated. This specimen was an *Anhangueridae* which had a wing span between 5.5 and 5.8 meters and, through the histological study, it was concluded that it was a young individual and this way, being the first pterosaur record in the municipality of Araripina. The other specimen, DGEO-CTG-UFPE 7781 is identified as Pterodactyloidea and consists of proximal fragments of the first three digits of the hand with their respective nails and fragments of the fourth digit. This work contributes to a better understanding of the vertebrates paleodiversity in the southwest portion of the Araripe Basin, expanding the paleontological collection of the Pernambuco state.

KEYWORDS: Araripe. Exu assembly. Fossiliferous association. Paleontology. Pernambuco. Vertebrates.

LISTA DE SIGLAS

Abreviaturas institucionais:

NSM – National Science Museum (Tóquio, Japão)

Paleolab – Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal de Pernambuco (Recife, Brasil)

DGEO-CTG-UFPE – Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (Recife, Brasil)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa do município de Exu com o limite dos distritos e os pontos de coleta e sua localização no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Página 15

Figura 2: Chondrichthyes da Formação Romualdo. A, *Iansan beurleni*, DGEO-CTG-UFPE 2510, Holótipo, modificado de Barreto et al, 2014, escala: 5 cm; B, *Tribodus limae*, MNRJ 105, modificado de Brito e Yabumoto, 2011.

Página 19

Figura 3: Osteichthyes da Formação Romualdo. A, *Neoproscinetes penalvi*, DGEO-CTG-UFPE 8252; B, *Calamopleurus cylindricus*; C, *Vinctifer comptoni*, modificado Barreto et al, 2012; D, *Araripelepidotes temmurus*, DGEO-CTG-UFPE 8451. Escalas: 5 cm.

Página 20

Figura 4: Diferença entre esqueletos de um pterossauro não pterodactilóide, à esquerda (*Rhamphorhynchus muensteri*) e um pterossauro pterodactilóide, à direita (*Pteranodon logiceps*) em vista ventral. Imagens fora de escala. Modificado de Witton, 2013.

Página 22

Figura 5: Esquema da asa de um pterossauro Pterodactyloidea indicando os ossos estudados. Ossos fora de escala. Imagem do autor, redesenhado de Wellnhofer (1991).

Página 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de táxons de pterossauros do Grupo Santana em ordem cronológica de publicação até o presente momento. Na coluna Clado, “----” indica espécies de afinidades incertas. R: Formação Romualdo; C: Formação Crato.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
3	LOCALIZAÇÃO	15
4	BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE	16
4.1	Geologia e estratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe	16
4.2	Geologia e Paleontologia da Formação Romualdo	16
4.2.1	Vertebrados fósseis da Formação Romualdo	17
4.2.1.1	<i>Peixes</i>	18
4.2.1.2	<i>Pterossauros</i>	21
5	MATERIAL	26
6	MÉTODOS	27
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
7.1	Primeiro artigo.....	30
7.2	Segundo artigo.....	52
8	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS	95
	APÊNDICE – NÚMEROS DE TOMBO	104

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é considerada a maior e mais complexa dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil, também a mais estudada (Assine, 1992). Abrange o sul do estado do Ceará, leste do Piauí e noroeste de Pernambuco, e sua origem e evolução estão intimamente relacionadas à abertura do oceano Atlântico Sul e separação do continente americano do africano. A megassequência pós-rifte da bacia, que litoestratigraficamente corresponde ao Grupo Santana, é constituído, da base ao topo, pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (Assine et al, 2014). Em Pernambuco, afloram as unidades estratigráficas Ipubi e Romualdo, do Grupo Santana e Araripina e Exu, do Grupo Araripe.

A Formação Romualdo está sobre a camada de gipsita (Formação Ipubi), e é caracterizada por arenitos calcíferos, argilitos, folhelho e margas de natureza flúvio-lacustre, estuarino e marinho. É considerada um *Fossil-Lagerstätten*, por possuir uma grande quantidade de fósseis com preservação excepcional (Maisey, 1991). Os peixes destacam-se por ser o grupo de macrofósseis que ocorrem em maior abundância, além de ter uma grande paleobiodiversidade, incluindo Chondrichthyes e Osteichthyes (Actinopterygii e Sarcopterygii), os táxons mais comuns são *Vinctifer comptoni* (Agassiz, 1841), *Rhacolepis buccalis* (Agassiz, 1841) e *Tharrhias araripis* (Jordan & Branner, 1908). Dentre os tetrápodes, há cinco espécies de quelônios, *Araripemys barretoii* (Price, 1973), *Santanachelys gaffneyi* (Hirayama, 1998), *Brasilemys josai* (Broin, 2000), *Cearachelys placidoi* (Gaffney & Hirayama, 2001), e *Euraxemys essweini* (Gaffney et al., 2006), os arcossauros compreendem os crocodilianos *Araripesuchus gomesii* (Price, 1959) e *Caririsuchus camposi* (Kellner, 1987), os dinossauros *Angaturama limai* (Kellner & Campos, 1996), *Irritator challengerii* (Martill et al., 1996), *Santanaraptor placidus* (Kellner, 1999) e *Mirischia asymmetrica* (Naish et al., 2004) e diversos táxons de pterossauros, sendo Anhangueridae e Tapejaridae os mais ocorrentes.

Os fósseis de vertebrados da Formação Romualdo veem sendo estudados desde 1800, e são reconhecidos internacionalmente devido à grande quantidade, diversidade e estado de preservação. Porém a região pernambucana da bacia, ainda carece de estudos sistemáticos para o levantamento das ocorrências de sítios e diversidade fossilífera, quando comparada com a região cearense.

Este trabalho apresenta o levantamento da fauna fóssil da Formação Romualdo, no município de Exu, e apresenta a primeira ocorrência de Pterossauro em Araripina, Pernambuco, porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe, com ênfase nos paleovertebrados, contribuindo com o conhecimento do patrimônio paleontológico no estado de Pernambuco.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Estudar a fauna de paleovertebrados da Formação Romualdo no município de Exu, contribuindo com o conhecimento de novos sítios e da diversidade fossilífera na porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe, Pernambuco, NE do Brasil.

Os objetivos específicos são:

Estudar os novos sítios fossilíferos da Formação Romualdo, no município de Exu, Pernambuco, com levantamento de informações estratigráficas e coleta;

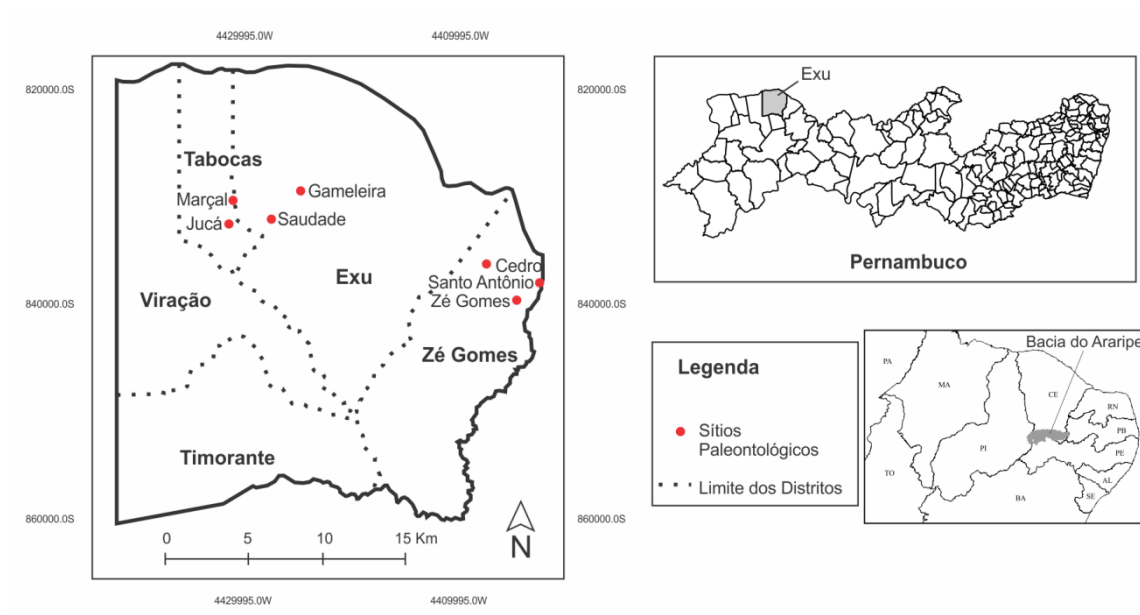
Realizar o levantamento e identificação taxonômica das espécies fósseis de vertebrados coletadas;

Preparar e analisar osteologicamente os fósseis de Pterosauria, preservados em concreções calcárias da Formação Romualdo, coletados em Exu e Araripina, Pernambuco.

3 LOCALIZAÇÃO

Os trabalhos de campo consistiram em estudo estratigráfico, prospecção e coleta de fósseis. A área de estudo se localiza no município de Exu, Araripe pernambucano, tendo sido identificados sete sítios fossilíferos da Formação Romualdo (Bacia Sedimentar do Araripe): Sítio Zé Gomes, Santo Antônio, Cedro, Saudade, Marçal, Viração e Jucá. Além disso, também foi levantada uma nova localidade, a Pedreira Alto Alegre, no Distrito de Lagoa de Dentro, Município de Araripina.

Figura 1. Mapa do município de Exu com o limite dos distritos e os pontos de coleta e sua localização no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.



4 BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

A Bacia Sedimentar do Araripe abrange uma área no sul do estado do Ceará, leste do Piauí e noroeste de Pernambuco, com longitudes de 38°30' a 40°55' W e latitudes de 7°05' a 7°50' S (Viana e Neumann, 2002) e está delimitada ao Norte pelo lineamento de Patos e ao Sul pela falha de Farias Brito. Segundo Assine (1992), a bacia possui aproximadamente 9.000 Km² de extensão, sendo considerada a maior e mais complexa dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil, também a mais estudada (Assine, 1992).

4.1 Geologia e estratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe

A Bacia do Araripe está inserida sobre terrenos pré-cambrianos da Província Borborema. A sua origem e evolução estão relacionadas com a ruptura do Supercontinente Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico Sul (Ponte e Ponte Filho, 1996). A megassequência pós-rifte da bacia, que litoestratigraficamente corresponde ao Grupo Santana, é constituído pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo, da base para o topo (Assine et al., 2014). Em Pernambuco, afloram as formações Ipubi e Romualdo, do Grupo Santana e as formações Araripina e Exu, do Grupo Araripe. A Formação Barbalha apresenta na porção inferior, canais fluviais que se encerram com a deposição de pelitos lacustres, de grande continuidade lateral, e na porção superior com níveis delgados de conglomerado, sobrepostos por arenitos com intercalações de pelitos; estas fácies dão lugar a folhelhos cinza escuro/esverdeados e a calcários laminados de origem lacustre da Formação Crato, atribuída a um sistema transgressivo, a sucessão mista desta formação é caracterizada pela alternância de bancos de calcário laminado e de fácies siliciclásticas, correspondente a um sistema de nível alto, terminando com a deposição dos evaporitos (gipsita/anidrita) da Formação Ipubi, onde marca condições de extrema aridez (Assine et al., 2014). A Formação Romualdo está sobre a gipsita, e é caracterizada por arenitos calcíferos, argilitos, folhelho e margas de natureza flúvio-lacustre, estuarino e marinho. É considerada *Fossil Lagerstätte*, por possuir uma grande diversidade e quantidade de fósseis com preservação excepcional (Maisey, 1991).

4.2 Geologia e Paleontologia da Formação Romualdo

A Formação Romualdo, que teve sua deposição entre o Neoaptiano e o Eoalbiano, está constituída por arenitos costeiros em sua porção inferior. Seu empilhamento é de caráter transgressivo, com *onlap* costeiro de sudeste para noroeste e deposição de fácies marinhas

diretamente sobre o embasamento a oeste e noroeste, os argilitos costeiros dão lugar a uma seção de argilito e folhelhos marinhos cinza escuros/pretos, onde se encontram níveis com nódulos calcários, na sua maioria, com fósseis. Acima desta seção há camadas delgadas de coquina e calcário coquinoide (Assine et al., 2014).

A Formação Romualdo possui aproximadamente 150 metros de espessura e representa um grande corpo de água salobra, sob clima predominantemente quente e úmido (Mabesoone & Tinoco, 1973), cujos fósseis preservados em três dimensões, muitas vezes apresentam tecidos moles (Kellner et al., 2002; Maldanis et al., 2016). O alto grau de preservação do material encontrado indica também um ambiente de águas calmas com pouco oxigênio no fundo (Brito, 1975; Martill, 1988). É registrada uma grande diversidade de organismos fósseis, como invertebrados (dinoflagelados, moluscos, crustáceos, equinoides, inseto), peixes (ósseos e cartilaginosos), répteis (quelônios, crocodilomorfos, dinossauros e pterossauros) e plantas (troncos, folhas, semente e frutificações) (c.g. Branner, 1915; Maisey, 1991; Bruno e Hessel, 2006; Pinheiro et al, 2014; Freitas et al, 2016; Oliveira 2007; Polck et al, 2015; Kellner e Tomida, 2000; Duarte, 1985, para uma revisão).

4.2.1 Vertebrados fósseis da Formação Romualdo

O primeiro registro de fósseis de vertebrados na Bacia do Araripe foi feita pelo naturalista brasileiro João da Silva Feijó em 1800, que descreveu algumas concreções calcárias com fósseis de peixes (Saraiva, 2008). Entre 1817 e 1820 os naturalistas alemães Johann Baptiste von Spix e Carl Friedrich Philipp von Martius realizaram expedições pelo Brasil e publicaram a primeira ilustração de um vertebrado fóssil do Brasil, um peixe *Rhacolepis* proveniente do Ceará (Kellner, 1990). Os vertebrados da Formação Romualdo são estudados desde o século XIX, principalmente pelo ictiólogo suíço Jean Louis Rodolphe Agassiz, tornando-a conhecida a nível nacional e internacional pela rica paleoictiofauna.

No caso dos tetrápodes, as pesquisas só foram iniciadas no século XX, com trabalhos dos paleontólogos Llewellyn Ivor Price, Diógenes de Almeida, Giuseppe Leonardi, Peter Wellnhofer entre outros. Duas espécies de Crocodiliformes foram descritas para Formação Romualdo, o *Araripesuchus gomesii* (Price, 1959), e o *Itasuchus camposi*, inicialmente descrito como *I. jesuinoi* por Price, 1955, que posteriormente foi descrito o *Caririsuchus camposi* (Kellner, 1987), sendo considerado sinônimo júnior da primeira espécie (Maisey, 1991), todos descritos para o estado do Ceará e apenas uma ocorrência de *A. gomesii* para o Piauí (Carvalho e Bertini, 2000). Vários nódulos contendo fósseis de Dinosauria já foram

documentados para a Formação Romualdo, incluindo vários materiais fragmentados e/ou isolados (Leonardi e Borgomanero, 1981; Campos, 1985; Frey & Martill, 1995; Bittencourt e Kellner, 2004), com 4 espécies descritas, dois espinossaurídeos, o *Angaturama limai* (Kellner & Campos, 1996) e o *Irritator challengerii* (Martill et al., 1996) e dois celurossauros, o *Santanaraptor placidus* (Kellner, 1999) e o *Mirischia asymmetrica* (Naish et al, 2004), esse último proveniente do município de Araripina, sendo até o presente, o único dinossauro do estado de Pernambuco.

Foram identificadas pelo menos, cinco espécies de quelônios: *Araripemys barretoii* (Price, 1973), *Santanachelys gaffneyi* (Hirayama, 1998), *Brasilemys josai* (Broin, 2000), *Cearachelys placidoi* (Gaffney & Hirayama, 2001), e *Caririemys violeatae* (Oliveira & Kellner, 2007). Segundo Carvalho e Barreto (2015) já foram reportados na literatura a presença de pelo menos, quarenta exemplares de fósseis de quelônios da Formação Romualdo, no entanto, as autoras relatam os primeiros registros de *Araripemys barretoii* para Pernambuco, nos municípios de Araripina e Ouricuri.

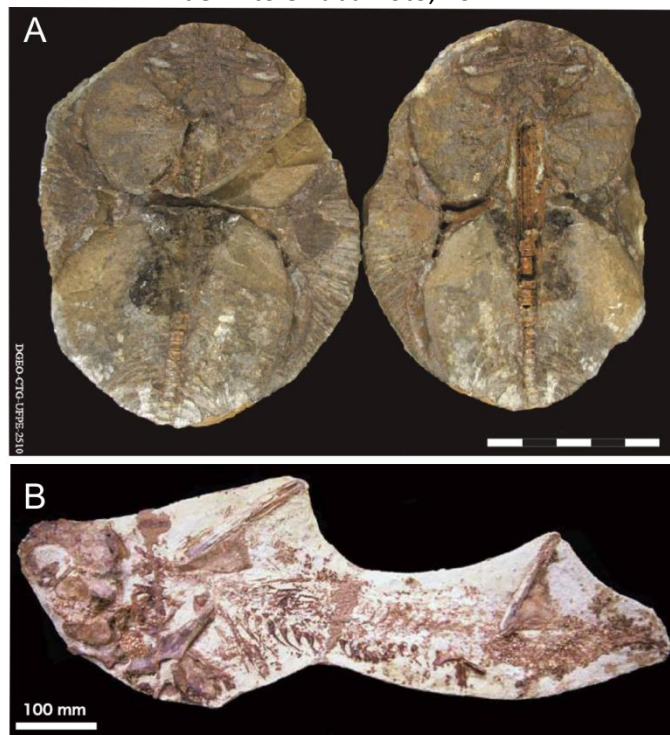
Certamente os fósseis de vertebrados mais conhecidos e abundantes da Formação Romualdo são os peixes, famosos tanto pela rica diversidade quanto pela sua excelente conservação. Os pterossauros correspondem a um dos grupos de répteis fósseis melhor representados no Brasil (Kellner e Campos, 2002), sobretudo encontrados nos depósitos do Grupo Santana, com mais de 25 espécies relatadas, armazenadas em diferentes coleções pelo mundo. O maior número de espécimes relatados nesse estudo pertence a um desses dois grupos, por esses motivos há dois subtópicos dedicados a eles.

4.2.1.1 Peixes

Em 1840, vindo em uma das expedições de naturalistas estrangeiros à Chapada do Araripe, o botânico inglês George Gardner visitou a região e coletou alguns peixes fósseis, que foram enviados a Louis Agassiz. Desse material foram descritas as sete primeiras espécies de peixes do Araripe, *Aspidorhynchus comptoni*, *Lepidotes temmurus*, *Rhacolepis brama*, *Rhacolepis latus*, *Rhacolepis buccalis*, *Calamopleurus cylindricus* e *Cladocycclus gardneri*. (Agassiz, 1841; Maisey, 1991; Carvalho e Santos, 2005). Todos encontrados na Formação Romualdo, onde há uma grande quantidade desses animais, o que estaria associado à mortandade em massa, segundo alguns autores, por uma variação brusca na salinidade, temperatura ou oxigenação do ambiente, o que explica a rápida fossilização e incrível preservação dos espécimes (Martill, 1988, Fara et al., 2005).

Chondrichthyes são peixes com esqueleto cartilaginoso, com registros fósseis desde o final do Siluriano e estão divididos em dois principais grupos: Elasmobranchii (raias, tubarões e cações) e Holocephali (quimeras). Na Formação Romualdo são encontradas três espécies de elasmobrânquios (Figura 2), o tubarão *Tribodus limae* (Brito e Ferreira, 1989), e as raia *Iansan beurleni* (Santos, 1968) e *Stahlraja sertanensis* (Brito, Leal e Gallo, 2013). Em termos quantitativos, esses táxons são considerados raros na Formação Romualdo.

Figura 2. Chondrichthyes da Formação Romualdo. A, *Iansan beurleni*, DGEO-CTG-UFPE 2510, Holótipo, modificado de Barreto et al, 2014, escala: 5 cm; B, *Tribodus limae*, MNRJ 105, modificado de Brito e Yabumoto, 2011.



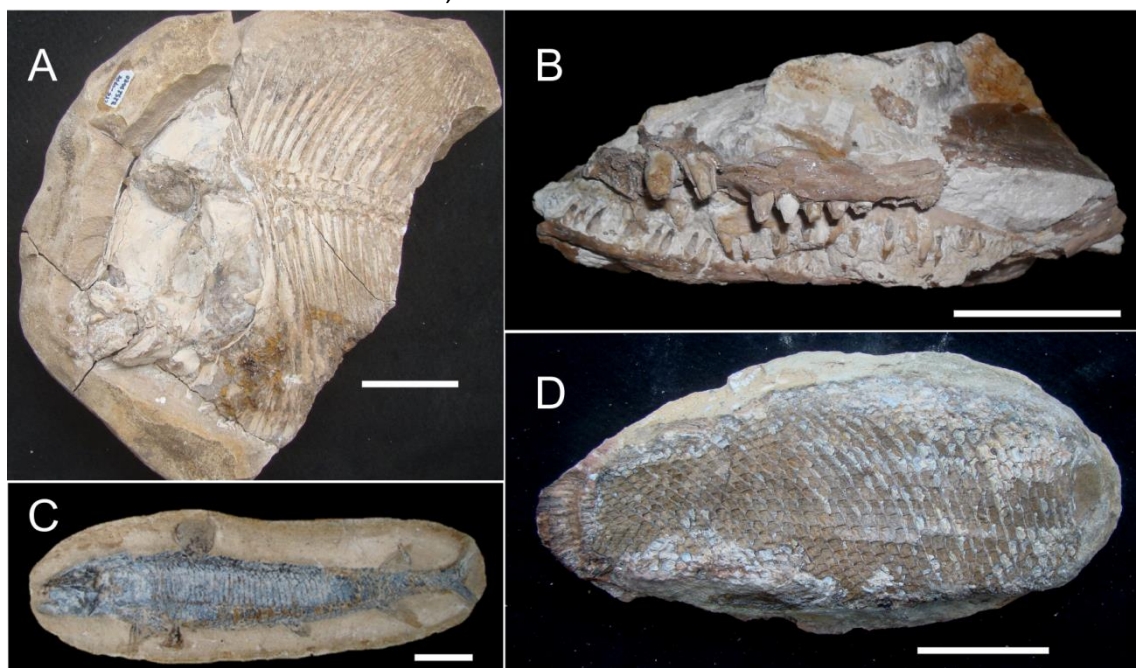
Os Osteichthyes, peixes de esqueleto ósseo, são conhecidos desde o final do Siluriano, mas foi no Período Devoniano que eles se diversificaram (Pough et al., 2003). Na Formação Romualdo, esse grupo está representado por diversas espécies, pertencentes em geral, ao grupo dos Actinopterygii, táxon que se divide em Neopterygii, Polypteriformes (Cladistia) e Acipenseriformes (Chondrostea) (Pough et al., 2013). Dentre os Neopterygii mais basais está o *Obaichthys decoratus* (Wenz e Brito, 1992), e o *Dentilepisosteus laevis* (Wenz e Brito, 1992), ambos raros nessa formação (Polck et al., 2015). O semionotídeo *Araripelepidotes temmurus* foi descrito primeiramente como *Lepidotes temmurus* por Agassiz em 1841, posteriormente Santos (1990) revisou o táxon e atribuiu o presente nome. O primeiro registro de *Lepidotes* para a Bacia do Araripe só se deu em 2003, com a descrição de *Lepidotes*

wenzae (Brito e Gallo, 2003b). A Formação Romualdo possui dois representantes de Pycnodontiformes, com o formato do corpo achatado e quase circular e a dentição altamente especializada, *Neoproscinetes penalvi* (Santos, 1970; Figura 3A) e *Iemanjá palma* (Wenz, 1989), não são abundantes, mas a primeira espécie é mais comum. *Calamopleurus cylindricus* (Agassiz, 1841; Figura 3B) era um grande peixe da família Amiidae, um possível eficaz predador com ampla boca e dentes cônicos. Em 1907, Jordan e Branner descrevem a espécie *Enneles audax*, após observações e estudos, percebeu-se que *E. audax* e *C. cylindricus* referiam-se ao mesmo animal, a primeira espécie descrita tem preferência na nomenclatura por ser a mais antiga.

Vinctifer comptoni (Agassiz, 1841) é um dos fósseis mais abundantes da Formação Romualdo, com corpo alongado, escamas alongadas características, com ganoína e porção anterior do focinho alongada e sem dentes. Outro animal de grande porte é o *Cladocycclus gardneri* (Agassiz, 1841), atingindo mais de um metro de comprimento, fragmentos dele são relativamente comuns na Formação Romualdo. Há duas sinonímias para *C. gardneri*: *Anaedopogon tenudens* e *Ennelichthys derbyi*, isso se deve ao fato de que alguns exemplares apresentam uma mistura de características que confundem os taxonomistas (Maisey, 1991).

Há dois Ionoscoptiformes registrados para Formação Romualdo, ambos bastante raros *Oshunia brevia* (Wenz e Kellner, 1986) e *Placidichthys bidorsalis* (Brito, 2000).

Figura 3. Osteichthyes da Formação Romualdo. A, *Neoproscinetes penalvi*, DGEO-CTG-UFPE 8252; B, *Calamopleurus cylindricus*; C, *Vinctifer comptoni*, modificado Barreto et al, 2012; D, *Araripelepidotes temmurus*, DGEO-CTG-UFPE 8451. Escalas: 5 cm.



Foram descritas até o momento cinco espécies de Elopormorpha para a Formação Romualdo: *Brannerion latum* (Agassiz, 1841), *Brannerion vestitum* (Jordan e Branner, 1908), *Paraelops cearenses* (Santos, 1917), *Rhacolepis buccalis* (Agassiz, 1841), *Notelops brama*. *Rhacolepis* é um dos fósseis mais abundantes das concreções calcárias da Formação Romualdo, geralmente apresenta conservação em três dimensões, já utilizado em estudo sobre seu conteúdo estomacal e até estrutura cardíaca (Wilby e Martill, 1992; Maisey, 1994; Maldanis et al, 2016).

Um táxon relativamente abundante é o Ostarioclupeomorpha *Tharrhias araripis* (Jordan e Branner, 1908). Outro representante desse grupo é o *Dastilbe*, gênero bastante comum na Formação Crato, ainda sem registro na Formação Romualdo. Há estimativas de que *Tharrhias*, *Rhacolepis* e *Vinctifer* representariam 90% de todos os espécimes de peixe conhecidos da Formação Romualdo (Kellner e Campos, 1999).

Os Clupeiformes atuais são representados pelas anchovas, sardinhas e arenques (Carroll, 1988). Na Formação Romualdo pequenos peixes foram encontrados em concreções, no momento há três espécies de cupleiformes: *Santanaclupea silvantosi* Maisey, 1993 e *Beurlenichthys ouricuriensis* (Figueiredo e Gallo, 2004) são similares, mas possuem distinções no padrão das maxilas e no endoesqueleto caudal. E *Santanasalmo elegans* (Gallo, Figueiredo e Azevedo, 2009), o mais incomum de ser achado, comparando com os outros. Santos (1958) descreveu *Leptolepis diasii*, porém Silva Santos, 1991, propôs substituir o gênero por *Santanichthys*. Outro teleósteo raramente encontrado é o *Araripichthys castilhoi* (Santos, 1985).

De acordo com Carroll (1988), Sarcopterygii são peixes com nadadeiras lobadas, com duas nadadeiras dorsais e um lobo epicordal na nadadeira caudal. Para Formação Romualdo foram descritas três espécies de sarcopterígeos celacantídeos, *Axelrodichthys araripensis* (Maisey, 1986), *Mawsonia gigas* (Woodward in Maeson e Woodward, 1907) e *Mawsonia brasiliensis* (Yabumoto, 2002).

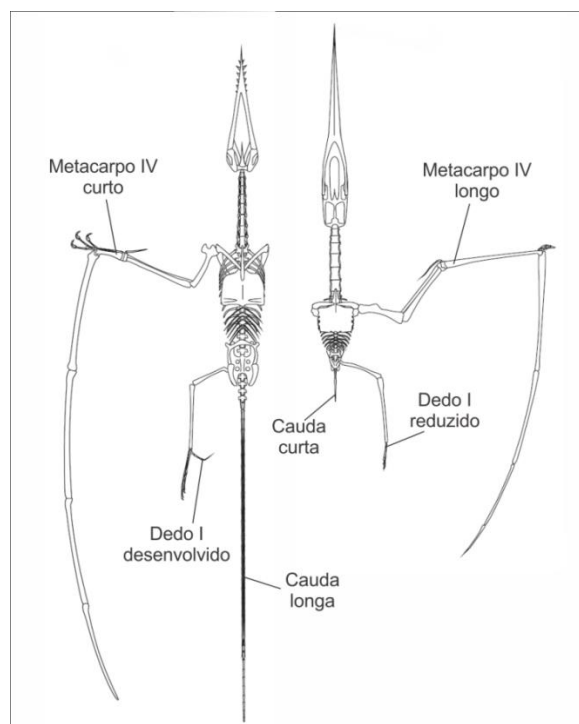
4.2.1.2 Pterossauros

Os pterossauros são uma linhagem de Archosauria que sofreram modificações morfológicas para o voo. Surgiram no final do Período Triássico, com seu primeiro registro datado do Carniano-Noriano (Bonaparte et al., 2010). Foram os primeiros vertebrados a alçar

voo e diversificaram-se até sua extinção, no final da era Mesozóica (Wellnhofer, 1991a; Unwin, 2005). São caracterizados pelo alongamento do quarto dígito dos membros anteriores, que sustenta uma membrana alar (Marsh, 1882; Zittel, 1882), ossos extremamente delgados e pneumatizados, esterno largo, membro anterior com ossos alongados, incluindo metacarpais e presença do osso pteróide.

Pterosauria é dividido, genericamente, em dois grandes grupos, “Rhamphorhynchoidea” (segundo Wellnhofer, 1991a), um táxon formado por pterossauros mais basais do Triássico e Jurássico, posteriormente reestabelecido como “não pterodactyloides” (Kellner, 2003). E Pterodactyloidea, um táxon composto por pterossauros mais derivados, que surgiu no Período Jurássico e se desenvolveu até o fim do Cretáceo (Figura 4). Ambos diferem em diversas características osteológicas, como as fenestras nasais e pré-orbitais são separadas e o côndilo occipital é direcionado para trás. Nos “não pterodactyloides”, a cauda é longa e o quinto dedo do membro posterior bem desenvolvido, e curto em Pterodactyloidea. Os metacarpais são relativamente curtos no grupo mais primitivo e alongado nos pterodactyloides (Wellnhofer, 1991a).

Figura 4. Diferença entre esqueletos de um pterossauro não pterodactilóide, à esquerda (*Rhamphorhynchus muensteri*) e um pterossauro pterodactilóide, à direita (*Pteranodon logiceps*) em vista ventral. Imagens fora de escala. Modificado de Witton, 2013.



O fato dos ossos de pterossauros serem finos e ocos traz como consequência, uma relativa raridade de fósseis destes animais no registro geológico. Mesmo assim, há centenas de espécies catalogadas, em todos os continentes (Benton, 2004; Barrett et al., 2008; Witton, 2013).

Apesar da distribuição global, os registros estão concentrados principalmente em cinco depósitos sedimentares que correspondem a cerca de 90% de todos os fósseis encontrados (Bantín, 2013), as condições necessárias para a preservação de uma quantidade expressiva destes animais só se deram durante a deposição de alguns *Fossil-Lagerstätten*, que se destacam, tanto pela quantidade de material amostrado quanto pela qualidade da preservação. Esses depósitos correspondem a Bacia de Solnhofen, Jurássico Superior da Alemanha, o Grupo Jehol, Cretáceo Inferior da China, Cambridge Greensand, Cretáceo Superior da Inglaterra, Formação Niobrara, Cretáceo Superior dos Estados Unidos e Grupo Santana, Cretáceo Inferior do Brasil. Ocorrências em outros locais são poucas, além de fragmentadas e incompletas (Sayão et al., 2012). A grande maioria dos pterossauros brasileiros é proveniente do Grupo Santana, principalmente em nódulos calcários, fósseis de preservação tridimensional, tanto crânios completos como vários elementos pós-cranianos já foram recuperados.

O crânio de um pterossauro é a parte mais importante para fins taxonômicos, pois nele está a maioria dos caracteres sinapomórficos (Wellnhofer, 1991a; Kellner, 2006; Bantín, 2014). A maior parte dos táxons descritos para o Araripe foi baseado no crânio ou em algum fragmento dele. No início das pesquisas com esse grupo, algumas espécies foram nomeadas com materiais pós-cranianos, a exemplo o primeiro pterossauro descrito para formação Romualdo, o *Araripesaurus castilhoi*, por Llewellyn Price em 1971, sendo o holótipo o único exemplar conhecido desse táxon. Esse exemplar possui rádio, ulna, uma série proximal do carpo composta de dois carpais, com metacarpos I e II reduzidos, falanges e pteróide, estima-se que ele tenha possuído uma envergadura de 2 metros (Maisey, 1991; Kellner e Tomida, 2000). A segunda espécie para o Grupo Santana, também proveniente da Formação Romualdo, foi o *Araripedactylus dehmi* (Wellnhofer, 1977), baseado apenas em parte da primeira falange do dedo da asa direita, sem mais informações, mas certamente um animal de grande porte. O terceiro gênero descrito, *Santanadactylus*, está representado pelas espécies *S. araripensis*, *S. brasiliensis*, *S. pricei* e *S. spixi* (Maisey, 1991). Porém é sugerido que *Santanadactylus pricei* e *Araripesaurus castilhoi* sejam sinônimos, devido às similaridades anatômicas, especialmente da ulna, que é idêntica nos dois exemplares. E *S. araripensis* é

considerado por Kellner (1990, apud Kellner e Tomida, 2000) como *Anhanguera araripensis*, baseado na margem dorsal da crista pré-maxilar. Ainda segundo Kellner e Tomida (2000), as espécies *Araripesaurus castilhoi*, *Araripedactylus dehmi*, e *Santanadactylus pricei*, não possuem caracteres diagnósticos suficientes para distingui-los dos demais táxons.

Mais de 30 espécies de pterossauros já foram descritas para o Grupo Santana (Tabela 1), e foram atribuídos à diversos grupos, como Ornitocheridae (De Buisonjé, 1980), Anhangueridae (Campos e Kellner, 1985), Criorhynchidae (Fastnacht, 2001), Tapejaridae (Kellner, 1989b) e Cearadactylidae (Leonardi e Borgomanero, 1985), sendo o consenso acerca desses clados um dos principais problemas sistemáticos dessa fauna.

Tabela 1. Lista de táxons de pterossauros do Grupo Santana em ordem cronológica de publicação até o presente momento. Na coluna Clado, “----” indica espécies de afinidades incertas. R: Formação Romualdo; C: Formação Crato.

Táxon	Primeira Descrição	Clado	Formação
<i>Araripesaurus castilhoi</i>	Price, 1971	----	R
<i>Araripedactylus dehmi</i>	Wellnhofer, 1977 <i>nomen dubium</i>	----	R
<i>Santanadactylus brasiliensis</i>	Buisonjé, 1980	----	R
<i>Brasileodactylus araripensis</i>	Kellner, 1984	Anhangueridae	R / C
<i>Anhanguera araripensis</i>	Wellnhofer, 1985	Anhangueridae	R
<i>“Santanadactylus” pricei</i>	Wellnhofer, 1985	----	R
<i>“Anhanguera” santanae</i>	Wellnhofer, 1985	Anhangueridae	R
<i>Cearadactylus atrox</i>	Leonardi & Borgomanero, 1985	Anhangueridae	R
<i>Anhanguera blittersdorffi</i>	Campos e Kellner, 1985	Anhangueridae	R
<i>Pricesaurus megalodon</i>	Martins-Neto, 1986 <i>nomen dubium</i>	Anhangueridae	R
<i>Tropeognathus mesembrinus</i>	Wellnhofer, 1987	Anhangueridae	R
<i>Anhanguera robustus</i>	Wellnhofer, 1987	Anhangueridae	R
<i>Tupuxuara longicristatus</i>	Kellner & Campos, 1988	Thalassodromidae	R
<i>Tapejara wellnhoferi</i>	Kellner, 1989	Tapejaridae	R
<i>Cearadactylus ligabuei</i>	Dalla Vecchia, 1993	Anhangueridae	R
<i>Tupuxuara leonardi</i>	Kellner & Campos, 1994	Thalassodromidae	R
<i>Arthurdactylus conandoylei</i>	Frey & Martill, 1994	----	C
<i>Tupandactylus imperator</i>	Campos & Kellner, 1997	Tapejaridae	C
<i>Anhanguera piscator</i>	Kellner & Tomida, 2000	Anhangueridae	R
<i>Anhanguera robustus</i>	Fastnach, 2001	Anhangueridae	R
<i>Thalassodromeus sethi</i>	Kellner & Campos, 2002	Thalassodromidae	R
<i>Tupandactylus navigans</i>	Frey, Martill & Buchy, 2003a	Tapejaridae	C
<i>Ludodactylus sibbicki</i>	Frey, Martill & Buchy, 2003b	Anhangueridae	C
<i>Anhanguera spielbergi</i>	Veldmeijer, 2003	Anhangueridae	R
<i>Lacusovagus magnificens</i>	Witton, 2008	Chaoyangopteridae	C
<i>Tupuxuara deliradamus</i>	Witton, 2009	Thalassodromidae	R
<i>Unwindia trigonus</i>	Martill, 2011	Ctenochasmatoidea	R

<i>Barbosania gracilirostris</i>	Elgin & Frey, 2011	Ornithochiridae	R
<i>Caupedactylus ybaka</i>	Kellner, 2012	Tapejaridae	R
<i>Banguela oberlli</i>	Headden & Campos, 2014	Dsungaripteridae	R
<i>Maaradactylus kellneri</i>	Bantim et al, 2014	Anhangueridae	R
<i>Aymberedactylus cearensis</i>	Pêgas et al, 2016	Tapejaridae	C

No estado de Pernambuco são formalmente conhecidos apenas dois registros de fragmentos de ossos, uma parte distal de úmero (Kellner et al., 2013), sem local exato de coleta e uma ulna apresentada por Aureliano et al (2014), proveniente da localidade Zé Gomes, município de Exu, ambos os ossos reportados à Anhangueridae. Todos os outros registros foram achados no Ceará e, em alguns casos, as publicações remetem a localização geográfica dos fósseis somente a Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil.

5 MATERIAL

Foram utilizados como material de estudo, fósseis de peixes e tetrápodes coletados no município de Exu. Cerca de 700 exemplares de vertebrados foram coletados. Desses, 200 fósseis estão tombados na coleção Científica do DGEO-CTG-UFPE, com listagem no Anexo. Os demais fósseis foram analisados e disponibilizados em coleções didáticas junto à secretaria de Educação do município de Exu. Cerca de 90% do material coletado encontra-se fragmentado. Os espécimes identificados incluem os gêneros *Vinctifer*, *Rhacolepis*, *Calamopleurus*, *Cladocyclus*, *Neoproscinetes*, *Clupeocephalus* (gen. indet.), *Paraelops*, *Tharrhias*, *Notelops*, *Araripelepdotes*, *Brannerion*, *Beurlenichthys*, Celacantídeos, um Testudine e três materiais de pterossauro, dois desses compostos por fragmentos de ossos alares.

Todos os espécimes estão tombados na Coleção Científica Paleontológica do PALEOLAB, Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (DGEO-CTG-UFPE).

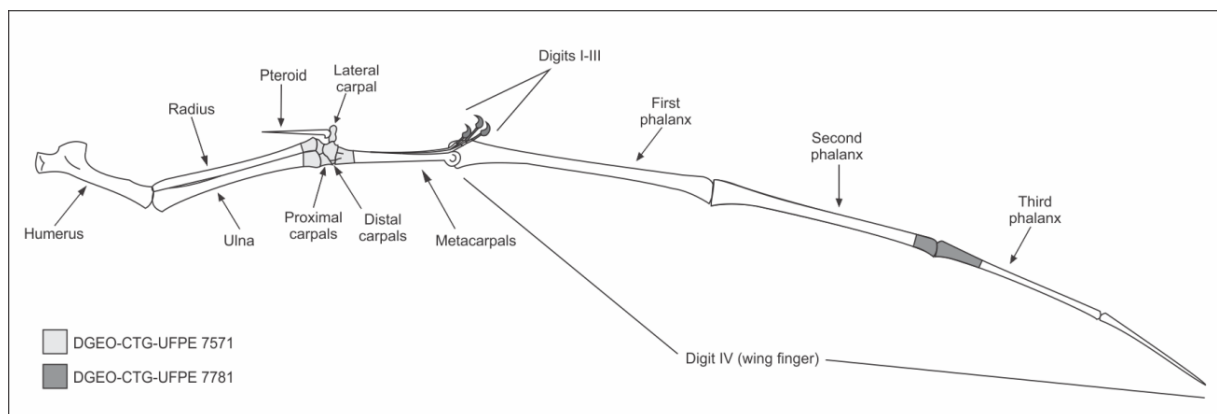
6 MÉTODOS

Durante a realização da pesquisa foi feito um levantamento bibliográfico relacionado à Bacia do Araripe, Formação Romualdo e seus fósseis, detendo-se aos vertebrados, principalmente Actinopteryigii e Pterosauria.

Os trabalhos de campo foram nos municípios de Exu e Araripina, estado de Pernambuco, onde afloram rochas da Bacia do Araripe. Tiveram o objetivo de obtenção de informações estratigráficas, encontrar novos sítios fossilíferos e coleta de fósseis.

As prospekções em Araripina resultaram na coleta de uma concreção com elementos ósseos de pterossauro (DGEO-CTG-UFPE 7571) proveniente da Mina Alto Alegre, Distrito Lagoa de Dentro. Juntamente com os materiais de Exu, são dois novos indivíduos de Pterosauria (Figura 5) da porção sudoeste da Bacia do Araripe, Pernambuco, ampliando os horizontes de ocorrência do grupo e trazendo contribuição em relação a fauna associada, estando os fósseis estudados, entre os poucos exemplares de pterossauros do Araripe, com procedência e horizonte estratigráfico conhecido.

Figura 5. Esquema da asa de um pterossauro Pterodactyloidea indicando os ossos estudados. Ossos fora de escala. Imagem do autor, redesenhado de Wellnhofer (1991).



As atividades desenvolvidas pós-coleta, em laboratório, foram as mais extensas, como preparação, descrição, comparação, identificação, catalogação, confecção da lâmina histológica, fotografia, edição e desenhos.

Devido a maior parte dos fósseis provenientes da Formação Romualdo ser encontrados em concreções calcárias, é extremamente necessária a preparação destes, que consiste em técnicas para abertura desses nódulos (Kellner, 1995; Duque et al, 2012). Neste trabalho foi utilizado o método tradicional de preparação mecânica de vertebrados fósseis, com o uso de

equipamentos como martelos e talhadeiras para abrir os nódulos ou retirar partes da matriz rochosa. Agulhas, pincéis, instrumentos odontológicos e motor de rotação (micro retífica *Dremel*© 3000 com braço extensor) foram usados quando era necessária uma limpeza mais minuciosa. Quando necessário, o fóssil foi protegido com *Paraloid* (copolímero de etilmetacrilato e metacrilato diluída em acetona) e colado com cola de secagem rápida (a base de cianocrilato). Toda etapa de preparação foi realizada no PALEOLAB-UFPE com utilização de equipamentos de proteção individual, como jaleco, luvas, máscara e óculos de proteção.

Depois da preparação, foi permitida a visualização das feições morfológicas e anatômicas dos organismos, possibilitando sua descrição e identificação, utilizando-se a bibliografia específica. As medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro analógico em aço *Western*© 150 mm. O material estudado foi fotografado com câmera Nikon Coolpix P520 e as fotos editadas utilizando os programas Adobe Photoshop CC e CorelDRAW X7.

Para o estudo histológico seguiu-se a metodologia padrão para tetrápodes apresentada por Lamm (2013). O corte histológico e a preparação da lâmina foram realizados no Laboratório de Preparação de Amostras e Laminação do DGEO-CTG-UFPE, onde uma parte do osso (metacarpo III) foi impregnada em resina e depois cortado com disco diamantado, e desbastado até chegar à espessura ideal para visualização. A lâmina foi analisada em um microscópio óptico Zeiss, modelo Zeiss AxionVision Imager A2, com câmera fotográfica acoplada, e fotomicrografias feitas utilizando o programa AxioVision Release 4.8, localizado na sala de Microscopia do Paleolab.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da dissertação, foram elaborados dois manuscritos:

1. Novos Sítios Fossilíferos da Formação Romualdo (Cretaceo Inferior, Bacia do Araripe), Exu, Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Submetido ao Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (ISSN 0101-9759). O Trabalho foi aceito para publicação, com pequenas alterações em 28/04/2017.

2. New occurrences of Pterosauria, Araripe Basin, Lower Cretaceous, Northeastern Brazil.

Submetido à Revista Cretaceous Research (ISSN 0195-6671) em 06/06/2017.

7.1 Primeiro artigo

NOVOS SÍTIOS FOSSILÍFEROS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, CRETACEO INFERIOR, BACIA DO ARARIPE, EXU, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

Rudah Ruano Cavalcanti Duque & Alcina Magnólia Franca Barreto

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife, PE, 50740-530, Brasil. E-mails: rudah_cd@hotmail.com, alcinabarreto@gmail.com.

Resumo

Aqui são apresentados antigos e novos sítios fossilíferos da Formação Romualdo, Albiano da Bacia do Araripe, no município de Exu, Pernambuco, Nordeste do Brasil, com o levantamento da sua diversidade fossilífera, com ênfase em paleovertebrados. Foram estudadas sete localidades da porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe, sendo identificados 16 táxons de paleovertebrados, incluindo peixes: *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis*, *Calamopleurus cylindricus*, *Cladocycclus gardneri*, *Neoproschinetes penalvai*, *Paraelops cearenses*, *Tharrhias araripis*, *Notelops brama*, *Araripelepdotes temnurus*, *Brannerion* sp. e *Beurlenichthys ouricuriensis*; pterossauros Anhangueridae e quelônios (*Araripemys barretoii*). A Paleofauna de vertebrados da Formação Romualdo vem sendo estudada desde 1800, é reconhecida internacionalmente como *Fossilagerstätte*. Porém, a região pernambucana da bacia carece de estudos sistemáticos, quando comparada com a região cearense, daí vem à necessidade de registrar as ocorrências de sítios e diversidade fossilífera, contribuindo com o conhecimento da paleontologia de vertebrados na porção sudoeste da Bacia do Araripe e ampliando os acervos paleontológicos do estado de Pernambuco.

Palavras chave: peixes, pterosauria, quelônia, novos sítios, associação fossilífera

Abstract

NEW FOSSILIFEROUS SITES OF THE ROMUALDO FORMATION, LOWER CRETACEOUS, ARARIPE BASIN, EXU, PERNAMBUCO, NE BRAZIL.

Here are new and old inventory of fossiliferous sites in the Romualdo Formation, Albian of the Araripe Basin, in the municipality of Exu, Pernambuco, Northeast of Brazil, with the survey of its fossiliferous diversity, with emphasis on paleovertebrates. Seven localities were studied, and 16 taxa of paleovertebrates were identified, including fishes: *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis*, *Calamopleurus cylindricus*, *Cladocycclus gardneri*, *Neoproschinetes penalvai*, *Paraelops cearenses*, *Tharrhias araripis*, *Notelops brama*, *Araripelepdotes temnurus*, *Brannerion* sp. e *Beurlenichthys ouricuriensis*; new occurrences of pterosaurs Anhangueridae and; Chelonians (*Araripemys barretoii*). The Romualdo Formation has been studied since 1800 and it is internationally recognized as

Fossilagerstätte. However, the Pernambuco region of the Araripe Basin lacks systematic studies when compared to the region of Ceará, which indicates the need to register the occurrence of fossiliferous sites and diversity, contributing to the knowledge of vertebrate paleontology in the southwest portion of the Araripe Basin and expanding the paleontological collections of the state of Pernambuco.

Keywords: fishes, pterosaurs, chelonians, new sites, fossiliferous association

1. Introdução e Contexto Geológico

A Bacia do Araripe possui aproximadamente 9.000 Km² e é considerada a maior e mais complexa dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil, também a mais estudada (Assine, 1992). Abrange o sul do estado do Ceará, leste do Piauí e noroeste de Pernambuco, com longitudes de 38°30' a 40°55'W e latitudes de 7°05' a 7°50'S (Viana & Neumann, 2002) e sua origem e evolução está intimamente relacionada à abertura do oceano Atlântico Sul (Valença *et al.*, 2003). A megassequência pós-rifte da bacia, que litoestratigraficamente corresponde ao Grupo Santana, é constituído pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo, da base para o topo (Assine *et al.*, 2014). Em Pernambuco, afloram apenas as formações Ipubi e Romualdo, do Grupo Santana e as formações Araripina e Exu, do Grupo Araripe.

A Formação Romualdo, segundo Mabessone & Tinoco (1973), tem aproximadamente 150 m de espessura. É caracterizada por arenitos costeiros, folhelhos, margas, arenitos calcíferos e argilitos de um ciclo transgressivo-regressivo completo de idade neoptiana (Assine, *et al.*, 2014).

A Formação Romualdo é considerada *Fossilagerstätte*, por possuir grande quantidade e diversidade de fósseis com preservação excepcional (Maisey, 1991). Os peixes destacam-se por ser o grupo de macrofósseis que ocorrem em maior abundância, além de ter uma grande paleobiodiversidade, incluindo Chondrichthyes e Osteichthyes (Actinopterygii e

Sarcopterygii), os táxons mais comuns são *Vinctifer comptoni* (Agassiz, 1841), *Rhacolepis buccalis* (Agassiz, 1841) e *Tharrhias araripis* (Jordan & Branner, 1908). Dentre os tetrápodes, há cinco espécies de quelônios, *Araripemys barreto* (Price, 1973), *Santanachelys gaffneyi* (Hirayama, 1998), *Brasilemys josai* (Broin, 2000), *Cearachelys placidoi* (Gaffney *et al.*, 2001), e *Euraxemys essweini* (Gaffney *et al.*, 2006), os arcossauros compreendem os crocodilianos *Araripesuchus gomesii* (Price, 1959) e *Caririsuchus camposi* (Kellner, 1987), os dinossauros *Angaturama limai* (Kellner & Campos, 1996), *Irritator challenger* (Martill *et al.*, 1996), *Santanaraptor placidus* (Kellner, 1999) e *Mirischia asymmetrica* (Naish *et al.*, 2004) e diversos táxons de pterossauros, sendo Anhangueridae e Tapejaridae os mais frequentes.

A grande maioria das publicações sobre paleontologia da Formação Romualdo, remetem a fósseis coletados no estado do Ceará. Entretanto, muitas vezes, as coletas não possuem controle de localização geográfica e estratigráfica precisos, sendo estudados sob os vários aspectos taxonômicos, porém, gera-se uma lacuna em relação à aplicabilidade dos fósseis para solucionar aspectos ligados ao paleoambiente e variações de fácies sedimentares.

Nesse sentido, este trabalho apresenta o levantamento da fauna fóssil da Formação Romualdo, no município de Exu, Pernambuco, com ênfase aos paleovertebrados, pretendendo contribuir no contexto geral do entendimento da associação e diversidade fossilífera na porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe.

2. Material e Métodos

Inicialmente, foi feito levantamento no banco dados da Coleção Científica de fósseis da UFPE e na literatura científica, assim como o estudo de mapas, com o objetivo de identificar sítios fossilíferos e fósseis da Formação Romualdo. Foram realizadas nas etapas de campo,

descrições de seções estratigráficas e coleta de fósseis, buscando reconhecer as associações fossilíferas, no município de Exu, noroeste do estado de Pernambuco, a 630 km da capital, Recife.

O material coletado consistiu em torno de 700 fósseis, entre concreções com invertebrados, vertebrados e icnofósseis, e troncos fossilizados. Cerca de 90% do total de fósseis estavam fragmentados, os espécimes de vertebrados foram selecionados para este estudo. Os nódulos, encontrados fechados, foram abertos com auxílio de martelo e quando houve necessidade, submetidos a uma preparação mecânica mais minuciosa, possibilitando a identificação taxonômica, que foi executada consultando Polck *et al.* (2015), Maisey (1991) e Voltani (2011). Cento e sessenta exemplares inteiros ou menos fragmentados foram estudados no Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (PALEOLAB-DGEO-CTG-UFPE). O material inclui: *Vinctifer*, *Rhacolepis*, *Calamopleurus*, *Cladocyclus*, *Neoproscinetes*, *Clupeocephala* indet., *Paraelops*, *Tharrhias*, *Notelops*, *Araripelepdotes*, *Brannerion*, *Beurlenichthys*, celacantídeos, quelônios, sendo um plastrão e ossos articulados de *Araripemys barretoii* e uma carapaça completa de uma outra espécie, em processo de identificação, Pterosauria, incluindo fragmentos de ossos de membro anterior e, parte anterior de um rostro (ou mandíbula).

No inventário, foi levado em conta todo o material coletado possível de ser identificado, totalizando 200 fósseis de vertebrados, para a estimativa da frequência de ocorrência das espécies distribuídas nas sete localidades de coleta, de modo que, espécies que ocorrem em uma ou duas localidades foram classificadas como Baixa frequência, em três ou quatro localidades, como Média frequência e cinco localidades ou mais, como Alta frequência. Desse levantamento também foi gerado um gráfico da quantidade de espécimes distribuídos em cada táxon identificado.

3. Resultados e Discussão

3.1. Os Sítios fossilíferos de Exu, PE.

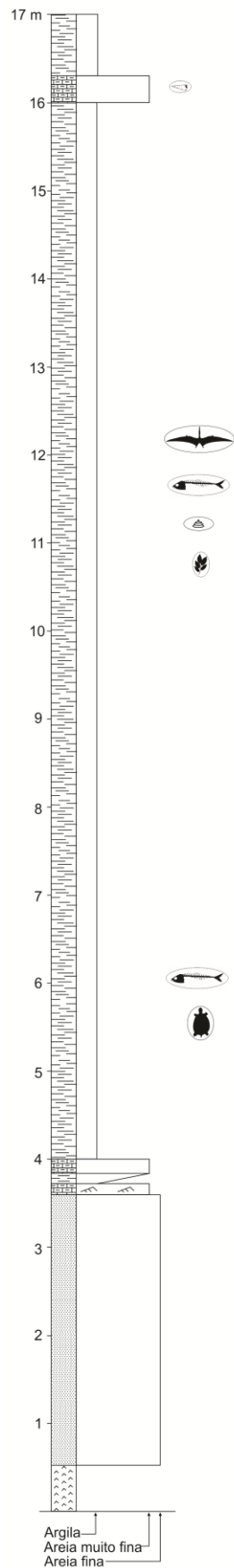
Administrativamente, o município de Exu (Figura 1) é dividido em cinco distritos. Sete sítios fossilíferos foram levantados: Zé Gomes (39° 34' 18" W 7° 31' 16" S), Santo Antônio (39° 32' 51" W 7° 30' 31" S) e Cedro (39° 35' 32" W 7° 29' 35" S), no Distrito de Zé Gomes; Saudade (39° 45' 51" W 7° 28' 03" S), na zona rural do Distrito de Exu; Marçal (39° 49' 08" W 7° 25' 43" S) e Jucá (39° 47' 31" W 7° 27' 28" S) no Distrito de Tabocas e Sítio Viração (39° 46' 08" W 7° 27' 15" S), localizado em distrito de mesmo nome.

(moluscos e equinoides) associados a níveis de calcarenito e, em outros sítios, uma grande quantidade de troncos preservados pode ser observada na superfície do terreno.

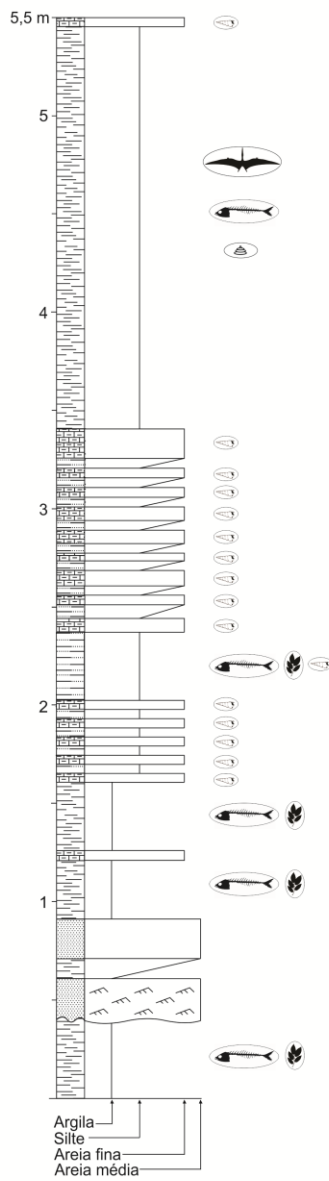
No Sítio Zé Gomes, encontram-se camadas de gipsita (Formação Ipubi), evidenciado no topo, o contato com a base da Formação Romualdo. Também se observa a Formação Romualdo em contato direto com as rochas cristalinas do embasamento local.

Das sete localidades trabalhadas, os Sítios Cedro e Zé Gomes, do Distrito Zé Gomes, tiveram a estratigrafia detalhada (Figura 2).

Sítio Zé Gomes



Sítio Cedro



Litologia	Fósseis
Arenito	Pterosauria
Siltito	Invertebrados
Arenito calcífero	Plantas
Folhelho	Peixes
Estratificação cruzada	Coprolito
Gipsita	Testudine
	Concreções calcárias

Figura 2. Perfil estratigráfico nas localidades Zé Gomes e Cedro.

3.2. Diversidade fóssilífera de paleovertebrados do Município de Exu

Em relação à diversidade de grupos taxonômicos encontrados no município de Exu, todos os sítios tiveram ocorrência de peixes, sendo identificado um total de 14 táxons, três ocorrências de fragmentos ósseos de Pterosauria e duas de Quelônia. A Tabela 1 apresenta a diversidade de vertebrados e a quantidade de exemplares coletados nos sete sítios estudados.

	Zé Gomes	Cedro	Santo Antônio	Saudade	Marçal	Jucá	Viração	
Peixes								
<i>Araripelepidotes temnurus</i>	01							
<i>Beurlenichthys ouricuriensis</i>		01						
<i>Brannerion sp.</i>	07	03	02	04	01			
<i>Calamopleurus cylindricus</i>	04	08	01	06				
<i>Cladocycclus gardneri</i>	04	01	03	03	02			
<i>Clupeocephala</i> indet.	06	06						
<i>Mawsonia gigas</i>	02		01	01				
<i>Neoproscinetes penalvai</i>	04	03						
<i>Notelops brama</i>	01	01	01					01
<i>Oshunia brevis</i>	01		01					
<i>Paraelops cearenses</i>	01		01	01				
<i>Rhacolepis buccalis</i>	09	06	01	05	02	02	01	
<i>Tharrhias araripis</i>	05	03	01	01	01	01		
<i>Vinctifer comptoni</i>	36	02	03	20	06	03	04	
Tetrapodas								
Pterosauria	02	01						
Testudine	01				01			
Total de espécimes identificados	84	35	15	41	13	06	06	200

Tabela 1 Diversidade de paleovertebrados em cada sítio fóssilífero do município de Exu, Pernambuco, com a indicação do número de espécimes.

Os táxons foram classificados de acordo com a frequência de ocorrência entre as localidades, sendo considerados como Alta frequência: *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis*, *Tharrhias araripis*, *Cladocycclus gardneri* e *Brannerion sp.*; frequência Média:

Calamopleurus cylindricus, *Notelops brama*, *Paraelops cearenses*, *Mawsonia gigas* e Pterosauria; e Baixa frequência: *Neoprosclinetes penalvai*; *Clupeocephala* indet., *Oshunia brevis*, *Beurlenichthys ouricuriensis*, *Araripelepidotes temnurus* e Testudine.

Polck *et al.* (2015) classificaram *Vinctifer*, *Rhacolepis* e *Cladocyclus* como os táxons mais comuns e abundantes da Bacia do Araripe. Eles estão entre as espécies mais encontradas no presente estudo, ocorrendo na maioria dos sítios explorados. Ainda de acordo com Polck *et al.* (2015), *Araripelepidotes temnurus* (Figura 3E) e *Beurlenichthys ouricuriensis* são espécies comuns, o que não foi aqui constatado, já que tiveram ocorrência baixa, só estando presente, cada espécie, em um sítio, dos sete estudados. Doze exemplares de *Clupeocephala* indet. foram coletados em dois sítios, não sendo possível a identificação taxonômica em um nível hierárquico abaixo.

Neoprosclinetes penalvai, segundo Polck *et al.* (2015) é considerado raro na fauna do Araripe, tendo sido encontrado em dois sítios aqui estudados, em uma relativa quantidade de exemplares, sendo 4 em Zé Gomes e 3 em Cedro. Destes, três exemplares estão com o corpo totalmente preservado, faltando as nadadeiras caudal, dorsal e pélvica, onde o espécime DGEO-CTG-UFPE 8843 é o menor entre eles, com 14 cm de comprimento (Figura 3B). No espécime DGEO-CTG-UFPE 8252 encontra-se preservada toda a parte anterior do corpo, e em DGEO-CTG-UFPE 8291, apenas o crânio, onde nota-se bem evidente os dentes na placa vomeriana (Figura 3F). DGEO-CTG-UFPE 8269 é apenas uma placa mandibular direita em visão oblíqua oral onde foi possível identificar a espécie através da disposição dos dentes que, pela pequena dimensão (2 cm), pertencia a um indivíduo jovem.

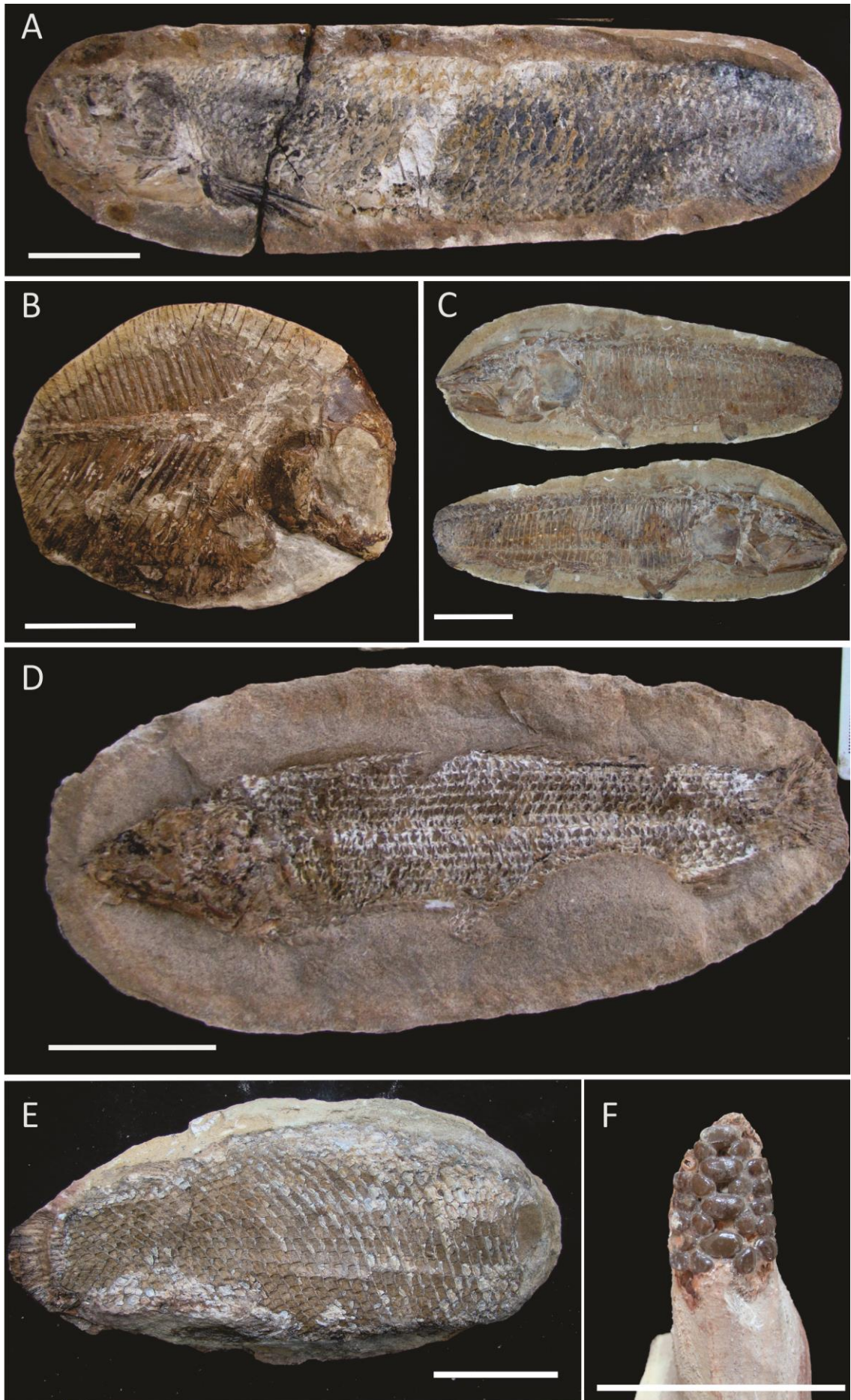


Figura 3. Fósseis coletados no município de Exu. A, *Cladocycclus gardneri* (DGEO-CTG-UFPE 8253); B, *Neoprosclinetes penalvai* (DGEO-CTG-UFPE 8266); C, *Vinctifer comptoni* (DGEO-CTG-UFPE 8270); D, *Tharrhias araripis* (DGEO-CTG-UFPE 8267); E, *Araripelepdotes temnurus* (DGEO-CTG-UFPE 8268); F, *Neoprosclinetes penalvai* (DGEO-CTG-UFPE 8291). Escalas: 5 cm.

Vinctifer comptoni (Figura 3C) é sem dúvida a espécie mais comum da fauna (com o total de 74 espécimes), sendo a que mais ocorreu na maioria dos afloramentos estudados, com exceção do Sítio Cedro, onde foram coletados dois espécimes, contrapondo com oito de *Calamopleurus cylindricus*. Foram coletados exemplares de *V. comptoni* com grande variação de tamanho/estágio ontogenético, havendo exemplares a partir 15 cm de comprimento. No exemplar DGEO-CTG-UFPE 8254 (Figura 4C) está preservada a cabeça, a nadadeira peitoral e seis escamas após a nadadeira, toda a parte preservada tem 34 cm de comprimento. É possível se estimar que esse indivíduo tivesse aproximadamente 1 m de comprimento.

Rhacolepis buccalis é a segunda espécie com maior número de fósseis coletados, com um total de 26 indivíduos, sendo a segunda espécie mais frequente entre os sítios, 14 a mais que *Tharrhias araripis* (Figura 3D). A grande maioria dos *Rhacolepis* está com a preservação quase completa e em 3D, outros com achatamento latero-lateral.

A terceira espécie mais comum, no total de espécies identificadas, foi o *Calamopleurus cylindricus* na maioria das vezes preservados tridimensionalmente. Desses, há um exemplar (DGEO-CTG-UFPE 8322) em que o único osso exposto na rocha era o basioccipital, e após a sua preparação foi possível observar a região ventral do crânio e o basisfenóide preservado, os dentes do vomer não estão presentes, apenas os dentes do pré maxilar. Ainda quanto à preservação, eles podem estar comprimidos dorso-ventralmente ou latero-lateralmente (Figura 4B).

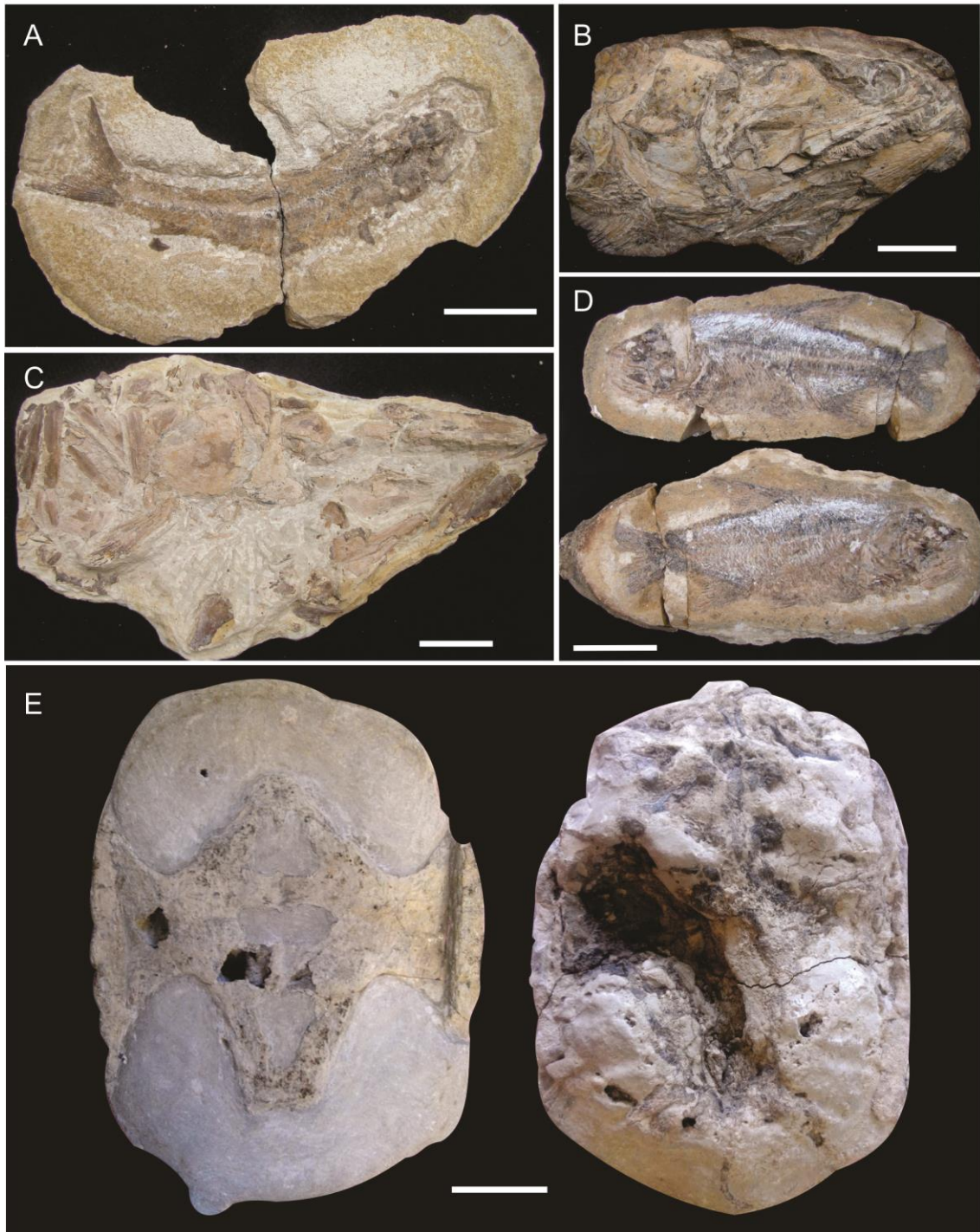


Figura 4. Fósseis coletados no município de Exu. A, *Tharrhias araripis* (DGEO-CTG-UFPE 8305); B, *Calamopleurus cylindricus* (DGEO-CTG-UFPE 8307); C, *Vinctifer comptoni* (DGEO-CTG-UFPE 8254); D, *Brannerion* sp (DGEO-CTG-UFPE 8272); E, *Araripemys barretoii* (DGEO-CTG-UFPE 8870). Escalas: 5 cm.

Brannerion (Figura 4D) também é considerado um gênero raro no Araripe, de acordo com Polck *et al.* (2015), para Exu foi considerado como Alta frequência, sendo 17 espécimes distribuídos em 5 sítios, os mesmos onde ocorre *Cladocyclus gardneri* (Figura 3A).

As espécies *Vinctifer comptoni* e *Rhacolepis buccalis* representam exatamente 50% dos fósseis identificados (Figura 5), e as únicas que foram encontradas em todos os sítios.

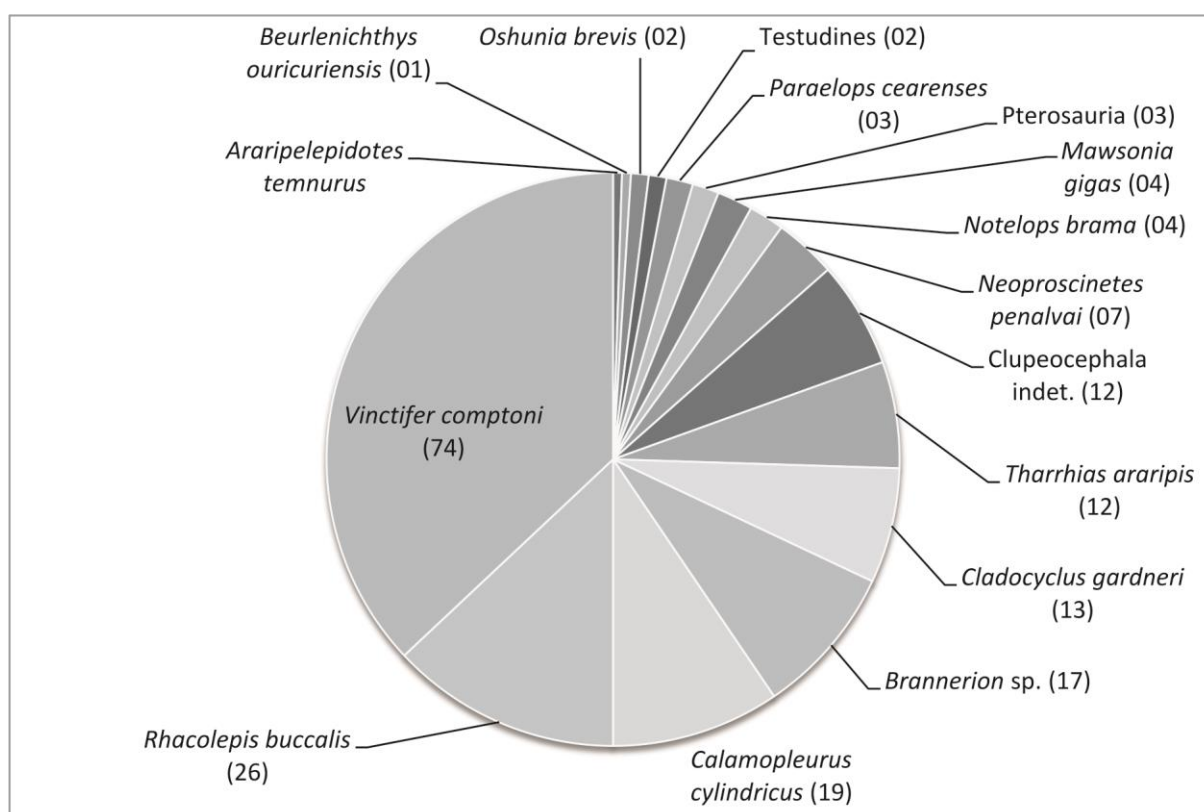


Figura 5 Gráfico da distribuição dos espécimes por táxon.

Maisey (1991), estudando as três localidades mais fossilíferas do Ceará, analisou as características das concreções (forma, cor e estrutura sedimentar) e as associações fossilíferas da Formação Romualdo, classificando-as em “Santana”, “Jardim” e “Missão Velha”, o que está sintetizado na Tabela 2. Ainda segundo Maisey (1991), as observações qualitativas, sem dúvida, são tendenciosas pela disponibilidade de material e por observações de campo

limitadas, no entanto, observou uma ligação aparente entre a litologia e o conteúdo fóssil de diferentes concreções.

Em Exu, a grande maioria das concreções analisadas tem forma ovoide e alongada, não refletindo, na maioria das vezes, o contorno exato do fóssil, a coloração geralmente é creme, bege, como as do tipo “Santana”. Ainda notam-se nas concreções de Exu algumas formas arredondadas, e outras, irregulares de pequeno porte. As concreções de grande porte, principalmente, com *Calamopleurus* (Sítios Cedro e Zé Gomes), tem morfologia refletindo a forma do fóssil, como nas concreções “Jardim” de Maisey (1991).

	“Santana”	“Jardim”	“Missão Velha”	“Exu”
Características da concreção	- Geralmente ovóide, não reflete o contorno do fóssil. - 25 a 30 cm, raramente excede 40. - Cor creme. - Pouco laminada e granular.	- Forma irregular, geralmente reflete a forma do fóssil. - Grande porte. - Extremamente avermelhada. - Bastante laminada.	- Arredondada. - Grande porte. - Cor cinzenta. - Laminação heterogênea.	- Ovoide alongada - Geralmente 25 a 30 cm. - Cor creme - Granular
Abundante	<i>Tharrhias</i>	<i>Rhacolepis</i> , <i>Vinctifer</i>	<i>Rhacolepis</i> , <i>Vinctifer</i> , <i>Notelops</i>	<i>Rhacolepis</i> , <i>Vinctifer</i> , <i>Calamopleurus</i>
Comum	<i>Brannerion</i> , <i>Araripelepidotes</i> , <i>Calamopleurus</i>	<i>Notelops</i> , <i>Brannerion</i> , <i>Araripelepidotes</i> , <i>Cladocyclus</i> , <i>Calamopleurus</i> <i>Axelrodichthys</i> , <i>Iansan</i>	<i>Brannerion</i> , <i>Neoproscinetes</i>	<i>Cladocyclus</i> , <i>Brannerion</i> , <i>Neoproscinetes</i> , <i>Clupeocephala</i> indet., <i>Tharrhias</i>
Incomum	<i>Cladocyclus</i> , <i>Axelrodichthys</i>	<i>Neoproscinetes</i> , <i>Araripichthys</i> , <i>Paraelops</i> , <i>Mawsonia</i>	<i>Araripichthys</i> , <i>Calamopleurus</i> , <i>Cladocyclus</i> , <i>Paraelops</i>	<i>Paraelops</i> , <i>Mawsonia</i> , <i>Notelops</i>
Raro	<i>Vinctifer</i> , <i>Rhinobatos</i> , <i>Notelops</i> , <i>Santanichthys</i>	<i>Tharrhias</i> (grande), <i>Oshunia</i>	<i>Oshunia</i>	<i>Araripelepidotes</i> <i>Beurlenichthys</i> , <i>Oshunia</i>
Exótico	Crocódilos,	Quelônio,		Quelônio,

	Quelônios, Pterossauros, Plantas	Pterossauros, Crocodilos	Pterossauros
--	--	-----------------------------	--------------

Tabela 2. Síntese das características de cada tipo de concreção da Formação Romualdo, proposto por Maisey (1991), e suas assembléias fossilíferas comparada com as concreções do município de Exu.

Comparando-se os fósseis estudados no município de Exu com as propostas de Maisey (1991), nota-se a semelhança da forma das concreções de Exu às do tipo “Santana”, porém a assembleia fossilífera é correlacionada à fauna do tipo “Missão Velha”, com grande presença de *Vinctifer*, *Rhacolepis*, *Brannerion* e *Neoproscinetes*.

O Distrito de Zé Gomes, onde houve prospecção em três localidades distintas, se destaca pela quantidade de fósseis e diversidade de grupos de peixes e répteis. Além dos vertebrados, grande quantidade de invertebrados (equinoides, crustáceos, gastrópodes e bivalves), há ainda ocorrências de troncos substituídos e outras estruturas vegetais. Os dois sítios mais diversos foram Zé Gomes e Cedro.

O Sítio Zé Gomes é sem dúvida o mais diverso, não só se tratando da paleoictiofauna, mas também por materiais de pterossauro e quelônia. O fragmento de uma ulna de Anhangueridae foi estudado por Aureliano *et al.* (2014) e outros materiais estão em estudo (parte anterior de um rosto, ou mandíbula). Em relação à quelônia é citada aqui a primeira ocorrência de *Araripemys barreto* no município de Exu (Figura 4.E), essa espécie já havia sido registrada no Araripe pernambucano, para os municípios de Araripina e Ouricuri (Carvalho & Barreto, 2015). O município de Exu é um novo local em potencial para a pesquisa de tetrápodes (Aureliano *et al.*, 2014).

O segundo sítio que apresentou maior diversidade, o Sítio Cedro, teve *Calamopleurus cylindricus* como a espécie mais comum (oito exemplares), sendo na maior parte, crânios de grandes proporções (aproximadamente 25 cm). *Brannerion sp.*, *Cladocyclus gardneri*, *Clupeocephala* indet., *Neoproscinetes penalvai*, *Notelops brama*, *Rhacolepis buccalis*, *Tharrhias araripis* e *Vinctifer comptoni* estão associados a esse sítio. Também fragmentos de falanges do quarto dígito da asa e três falanges ungueais de pterossauro estão presentes. Grande quantidade de coprólitos foi observada em Cedro.

Vemos aqui, uma importante diversidade fossilífera registrada para a Formação Romualdo em uma região, até então, pouco pesquisada da Bacia do Araripe. Barreto *et al.* (2012; 2016) já haviam exposto sobre a diversidade paleontológica da Bacia do Araripe em Pernambuco, considerando a importância da realização dos inventários paleontológicos, indicando um forte potencial da região para a criação de museus e casas de ciência, atuando na preservação e divulgação dos acervos.

Em relação a outros estudos no Araripe pernambucano, Carvalho (2016) trabalhando em duas localidades no município de Bodocó (a oeste do município de Exu), coletou e identificou 50 espécimes de peixes, distribuídos em nove gêneros, *Araripichthys*, *Brannerion*, *Cladocyclus*, *Notelops*, *Obaichthys*, *Rhacolepis*, *Santanichthys*, *Tharrhias* e *Vinctifer*.

4. Considerações finais

Consideramos relevante identificar e georreferenciar novos sítios fossilíferos, levantar faunas associadas, na medida do possível e, realizar pesquisas em regiões pouco exploradas da Bacia do Araripe. Dos sete sítios aqui estudados, os sítios Zé Gomes, Viração e Saudade já

havam sido visitados por Karl Beurlen, na década de 1960, e os quatro restantes são inéditos na literatura científica.

Os novos sítios e táxons estudados no município de Exu colaboram para um melhor entendimento da paleobiodiversidade na porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe, pouco estudada em relação a outras localidades clássicas da bacia.

5. Agradecimentos

Sinceros agradecimentos a CAPES, CNPq, processo 303071/2014-1, e ao Projeto Funcultura Independente 0756/2014, FUNDARPE, e a Prefeitura de Exu pelo financiamento parcial do trabalho de pesquisa. Também agradecemos a Dr^a Marcia Aparecida dos Reis Polck, pela revisão e sugestões.

6. Referências

Agassiz, L. 1841. On the fóssil fishes found by Mr. Gardner in the province of Ceará, in the north of Brazil. *The Edinburgh New Philosophical Journal* 30: 81-84.

Assine, M.L. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 289-300.

Assine, M.L.; Perinotto, J.A.; Custódio, M.A.; Neumann, V.H.; Varejão, F.G. & Mescolotti, P.C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro*, 22(1):3-28.

Aureliano, T.; Ghilardi, A.M.; Duque, R.R.C. & Barreto, A.M.F. 2014. On the occurrence of Pterosauria in Exu, Pernambuco (Lower Cretaceous, Romualdo Formation, Araripe Basin), Northeastern Brazil. *Estudos Geológicos*, 24(2):15-27.

Barreto, A.M.F.; Brilha, J.B.; Sales, A.M.F. & Almeida, J.A.C. 2012. Patrimônio paleontológico e geoconservação da Formação Santana: Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe (Pernambuco e Piauí, nordeste do Brasil). In: CONGRESSO INTERNACIONAL GEOCIÊNCIAS NA CPLP: 249 ANOS DE GEOCIÊNCIAS. Centro de Geociências e Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra, p.89.

Barreto, A.M.F.; Brilha, J.B.R.; Duque, R.R.C.; Prado, L.C.P.; Pereira, P.A.; Araripe, R.C.; Araújo, A.R. & Ghilardi, A.M. 2016. A criação de museus como estratégia para a preservação do patrimônio fossilífero da bacia sedimentar do Araripe em Pernambuco, NE do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ*, 39(2):36-42.

Broin, F. 2000. The oldest pré-podocnemidid turtle (Chelonii, Pleurodira), from the Early Cretaceous, Ceará, State, Brasil and its environment. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 9: 43-95.

Carvalho, A.R. de A. & Barreto, A.M.B. 2015. Novos Materiais de *Araripemys barreto* da Formação Romualdo (Albiano-Bacia do Araripe), Pernambuco, Brasil. *Estudos Geológicos*, 25(1): 3-14.

Carvalho, A.B. de. 2016. *Caracterização da Paleoictiofauna da Formação Romualdo (Aptiano-Albiano; Grupo Santana, Bacia do Araripe) na Região Pernambucana*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

Gaffney, E.S.; Campos, D.A. & Hirayama, R. 2001. *Cearachelys*, a new side-necked turtle (Pelomedusoides: Bothremydidae) from the Early Cretaceous of Brazil. *American Museum Novitates*, New York, n. 3319, 20p.

Gaffney, E.S.; Tong, H. & Meylan, P.A. 2006. Evolution of the Side-Necked Turtles: The Families Bothremydidae, Euraxemydidae and Araripemydidae. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 300: 1-698.

Hirayama, R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature. London*, 392(6677): 705-708.

Jordan, D.S. & Branner, J.C. 1908. The Cretaceous fishes of Ceara, Brazil. *Smithsonian Miscellaneous Collection*, 5(1):1-29.

Kellner, A.W.A. 1987. Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro*, 59(3): 219-232.

Kellner, A.W.A. 1999. Short note a new dinosaur (Theropod, Coelurosauria) from the Santana Formation (Romualdo Member, Albian) northeastern Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova Serie, Rio de Janeiro*, 49:1-8.

Kellner, A.W.A. & Campos, D.A. First Early Cretaceous dinosaur from Brazil with comments on Spinosauridae. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 199 (2): 151-166.

Mabesoone, J.M. & Tinoco, I.M. 1973. Paleoecology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeograph, Paleoclimatology, Paleoecology*, 14(2):87-118.

Maisey, J.G. 1991. *An Illustrated Atlas*. Tropical Fish Hobbyist Publications, New Jersey, USA, 459 p.

Martill, D.M.; Cruickshank, A.R.I.; Frey E.; Small P.G. & Clarke, M. 1996. A new crested maniraptoran dinosaur from the Santana Formation (Lower Cretaceous) of Brazil. *J. Geol. Soc. London* 153: 5-8.

Naish, D.; Martill, D.M. & Frey, E. 2004. Ecology, systematics and biogeographical relationships of dinosaurs, including a new theropod, from the Santana Formation (Albian, Early Cretaceous) of Brazil. *Historical Biology*, 16(2-4): 57-70.

Polck, M.A.R.; Carvalho, M.S.S.; Miguel, R.; Gallo, V. 2015. *Guia de identificação de peixes fósseis das formações Crato e Santana da Bacia do Araripe*. CPRM, Rio de Janeiro. 72 p.

Price, L.I. 1959. Sobre um crocodilídeo notosúquio do Cretáceo brasileiro. *Boletim Divisão de Geologia e Mineralogia do Rio de Janeiro*, 188:1-5.

Price, L.I. 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 3:84-96.

Valença, L.M.M.; Neumann, V.H. & Mabelsoone, J.M. 2003. An overview on Callovian Cenomanian intracratonic basins of Northeast Brazil: Onshore stratigraphic record of the opening of the Southern Atlantic. *Geologica Acta*, 1(3):261-275

Viana, M.S.S. & Neumann, V.H.L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE: Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. (orgs.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, Brasília, DNPM/CPRM/SIGEP, p. 113-120.

Voltani, C.G. 2011. *O Acervo Paleoiictiológico do Aptiano-Albiano da Formação Santana (Bacia do Araripe), existente nas Coleções do Museu de Paleontologia e Estratigrafia "Paulo Milton Brabosa Landim"*, DGA-IGCE-Unesp Rio Claro. Pós-graduação em Geologia

Regional. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Dissertação de Mestrado, 177p.

7.2 Segundo artigo

NEW OCCURRENCES OF PTEROSAURIA IN THE ARARIPE BASIN, LOWER CRETACEOUS, NORTHEAST BRAZIL

RUDAH R. C. DUQUE¹ and ALCINA M. F. BARRETO^{1*}

¹Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia. Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife, PE, 50740-530, Brazil.

* Corresponding author, E-mail: alcinabarreto@gmail.com

Abstract

This study describes two pterosaur fossils specimens from the Romualdo Formation (Albian/Aptian), collected in a less explored region of the Araripe Basin, in the municipalities of Araripina and Exu, Pernambuco State, Northeast Brazil. The DGEO-CTG-UFPE 7571 is composed of the distal ends of a radius and an ulna, carpal complex, sesamoids and proximal part of the metacarpals III and IV, articulated and preserved in three dimensions. This specimen had a wingspan between 5.5 and 5.8 meters and is tentatively referred to Anhangueridae due to the presence of a ventral crest at the ulna distal end and because only the metacarpals III and IV reach the carpus. Histological analysis indicates it was an individual that would still reach the ontogenetic maturity. The other specimen studied, DGEO-CTG-UFPE 7781, is identified as Pterodactyloidea and consists of proximal fragments of the first three digits of the hand and their respective unguals and fragments of the fourth digit. This is the first pterosaur record described in the municipality of Araripina, added to the fossiliferous association, and it is one of the few ones with a defined geographic location, expanding the horizon of occurrence of this group in the Araripe Basin.

Key-words: Anhangueridae, Araripina, Paleohistologia, Pernambuco, Romualdo Formation.

1. INTRODUCTION

The Santana Group, in the Araripe Sedimentary Basin, is one of the main Cretaceous fossiliferous deposits in the world and has a diverse vertebrate fauna (Maisey, 1991; Kellner, 2002). Among the tetrapods, Pterosauria is the most abundant group in the basin, both in quantity of materials and in taxonomic diversity (Kellner and Campos, 1999; Vila Nova et al., 2011). Since the discovery of the first pterosaur specimen (Price, 1971) of the Santana Group, approximately thirty species have been already formally described, especially in the calcareous nodules in the Romualdo Formation (Aptian-Albian), in addition to a range of isolated fragments (Dalla Vecchia and Ligabue, 1993; Vila Nova et al., 2011; Pinheiro et al., 2012; Aureliano et al., 2014).

The Araripe sedimentary basin emerges in the states of Ceará, Piauí and Pernambuco, northeastern Brazil (Brito, 1990), most of the pterosaur fossils were found in the state of Ceará, northern region of the basin, and most of the specimens described in the literature have neither geographical location nor stratigraphic position, or have a very imprecise geographical location (Fara et al., 2005). In Pernambuco State, only two records are known, which are fragments of the Anhangueridae (Kellner et al., 2013; Aureliano et al., 2014).

The present study describes new bone fragments of pterosaur (Pterodactyloidea) from the southern region of the Araripe Basin, Northeast Brazil, collected in field surveys in the municipalities of Exu and Araripina in Pernambuco State. Among them, there are fragments of radius, ulna, metacarpus, and phalanges. The specimens analyzed here are among the few pterosaur specimens described in the Araripe Basin with known geographic origin and stratigraphic horizon, and they are the most complete ones found in Pernambuco State, until now.

2. GEOLOGICAL SETTING

The Araripe Basin is located on the pre-Cambrian land of the Borborema Province (Ponte and Ponte Filho, 1996), with approximately 9,000 km² in length, is considered the largest one in Northeast Brazil (Assine, 1992). It covers the southern of Ceará State, a part of northwestern Pernambuco, and a small area of eastern Piauí (Fig. 1), at longitudes from 38°30' to 40°55'W and latitudes from 7°07' to 7°49'S (Brito, 1990). Its origin and evolution are related to the rupture of the Gondwana Supercontinent and the opening of the South Atlantic Ocean (Ponte and Ponte Filho, 1996).

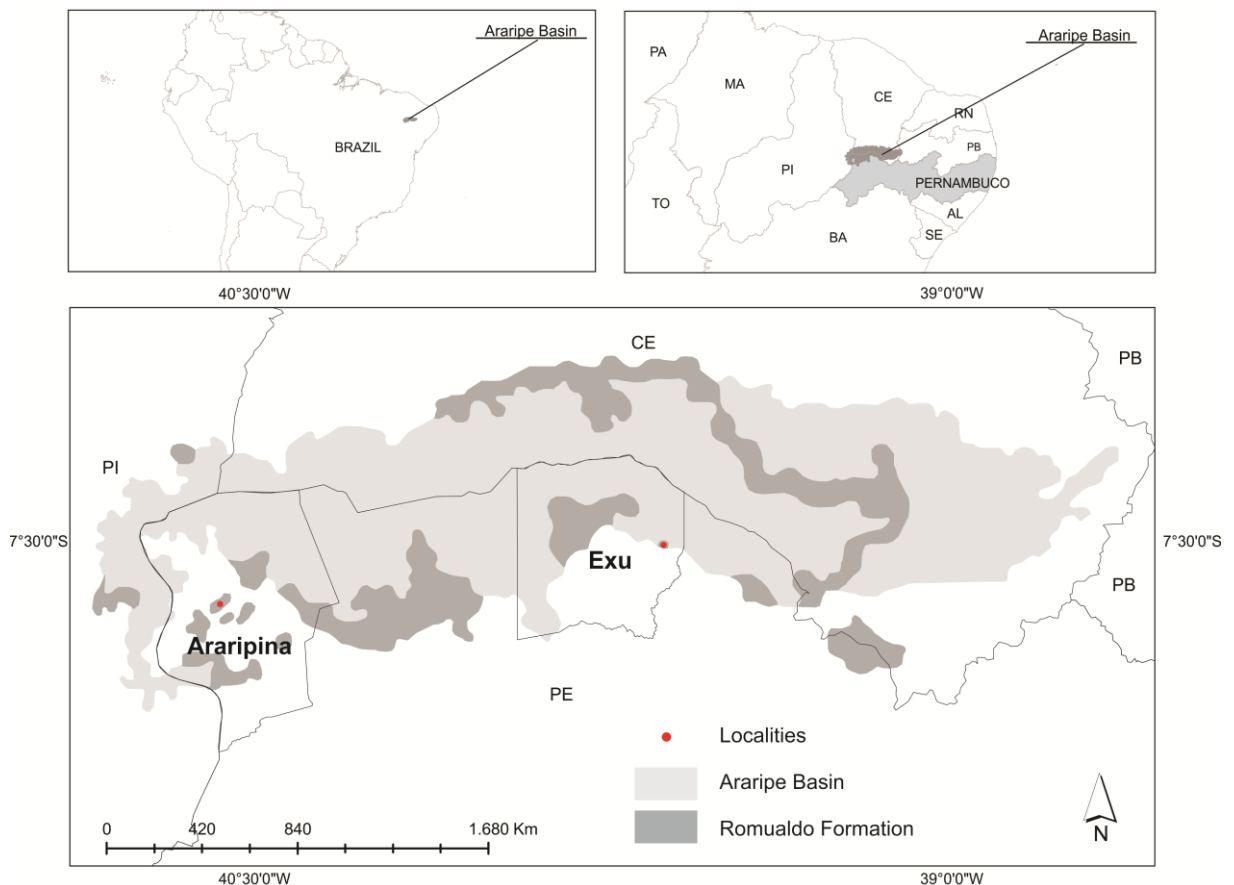


Fig. 1: Location map of the Araripe Basin and the municipalities of Araripina and Exu in Pernambuco State, Northeast Brazil.

The Santana Group is part of the post-rift sequence of the Araripe Basin, formed from bottom to top by lacustrine carbonates, coastal and transitional evaporites, and lagoon and shallow marine shales from the Crato, Ipubi, and Romualdo Formations, respectively (Neumann and Cabrera, 1999, Assine et al., 2014). The Crato and Romualdo Formations are two of the most important Konservat-Lagerstätten of Gondwana (Martill, 1997; Maisey, 1991).

The Romualdo Formation (Late Aptian – Early Albian) is approximately 150 meters in thick (Mabessone and Tinoco 1973) and has a sequence of calciferous sandstones, shales and marls, containing limestone nodules (Fig. 2), mostly with well-preserved vertebrate fossils, often in three dimensions (Martill, 1988; Kellner, 1990). The specimens reported in our study were found in the municipalities of Exu and Araripina, northwest of Pernambuco State.

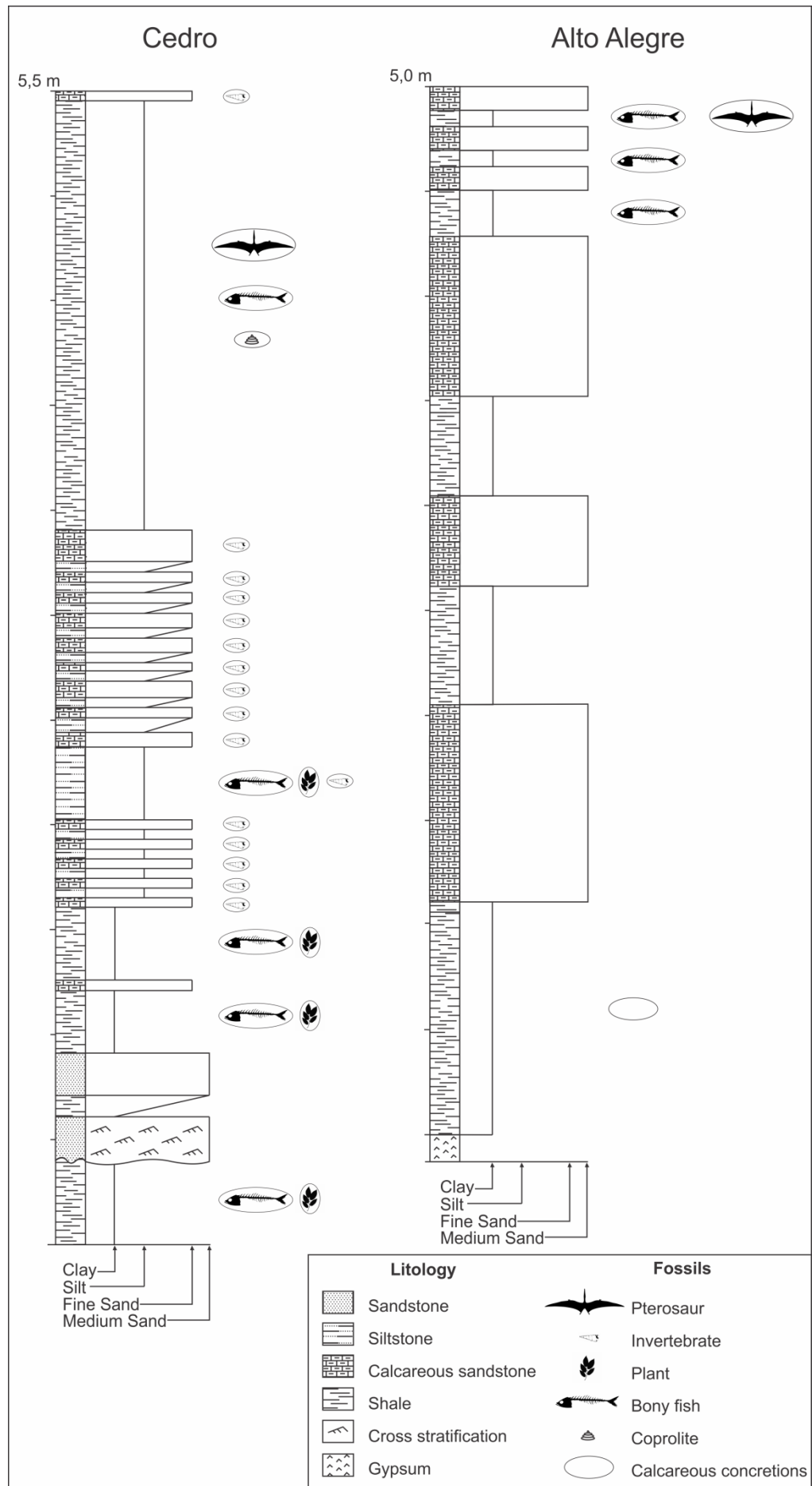


Fig. 2: Stratigraphic section in the localities of Cedro, in Exu, and Alto Alegre, in Araripina, (Pernambuco State).

3. MATERIALS AND METHODS

Institutional abbreviations: AMNH, American Museum of Natural History, New York, United States; BSP, Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie, Munich, Germany; DGEO-CTG-UFPE, Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil; NSM-PV, National Science Museum, Tokyo, Japan; SMNK, Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.

The specimens are deposited in the Laboratory of Paleontology (Paleolab) of the Department of Geology, Center of Technology and Geosciences of the Federal University of Pernambuco (DGEO-CTG-UFPE).

3.1. Bone histology

The histological study is a very useful tool to access some information on paleovertebrates, such as ontogenetic stage, growth rates and physiological details (Sayão, 2003; Chinsamy et al., 2013; Ghilardi et al., 201). It is a methodology that has been increasingly used in the study of pterosaurs (e.g., Padian et al., 1995; De Ricqlès et al., 2000; Steel, 2001; Sayão et al., 2004; Kellner et al., 2013).

The standard methodology presented by Lamm (2013) was applied using the cross section of the metacarpal III; then, this bone was immersed in resin for polishing until an approximate thickness of 25 μm . The thin section was observed in the optical microscope Zeiss AxioVision Imager A2 and the imaging software, AxioVision Release 4.8. Lense with

magnification of 20x and 10x were used to study the thin sections. The obtained images were treated for brightness and contrast using and composed images were prepared.

3.2. Estimating wingspan

Establishing the wingspan of a pterosaur is always a complex issue when the sample is incomplete. The methodology of Kellner et al. (2013) was used to calculate the spread of the DGEO-CTG-UFPE 7571.

First, the total length of the ulna and metacarpal IV was reconstructed, using the ratio between total length and distal epiphysis length, comparing to *Anhanguera piscator* NSM-PV 19892 (Kellner and Tomida 2000) and AMNH 22552 (Wellnhofer 1991), the latter one attributed to *Santanadactylus pricei*, and then it was obtained a mean value between them. These materials were chosen because they are among the specimens of pterosaurs from the Romualdo Formation with more complete wings, to date. Afterward, the possible length of the other bones was calculated in order to obtain the estimated value of the wingspan.

4. SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

Pterosauria Kaup, 1834

Pterodactyloidea Plieninger, 1901

Pteranodontoidea sensu Kellner, 2003

Anhangueridae Campos e Kellner, 1985

Anhangueridae *indet.*

Material. It was used a single calcareous concretion, typical of those from the Romualdo Formation, containing the following bony elements: distal ends of a radius and an ulna, two proximal carpals, three distal carpals, one lateral carpal, three sesamoids, and proximal part of

the metacarpals III and IV. All bones are preserved in three dimensions and articulated, and they are part of the left anterior limb of a single individual (Fig. 3). (DGEO-CTG-UFPE 7571).

Locality and horizon: Romualdo Formation, Lower Cretaceous (Late Aptian/Early Albian), Santana Group, Araripe Basin, municipality of Araripina, “Pedreira Alto Alegre”, “Lagoa de Dentro” District, northwest of Pernambuco State, Brazil (40° 31’ 04’’W 07° 37’ 37’’ S). It is the first pterosaur described in the municipality of Araripina, where it was also collected the dinosaur *Mirischia asymmetrica* (Naish et al., 2004).

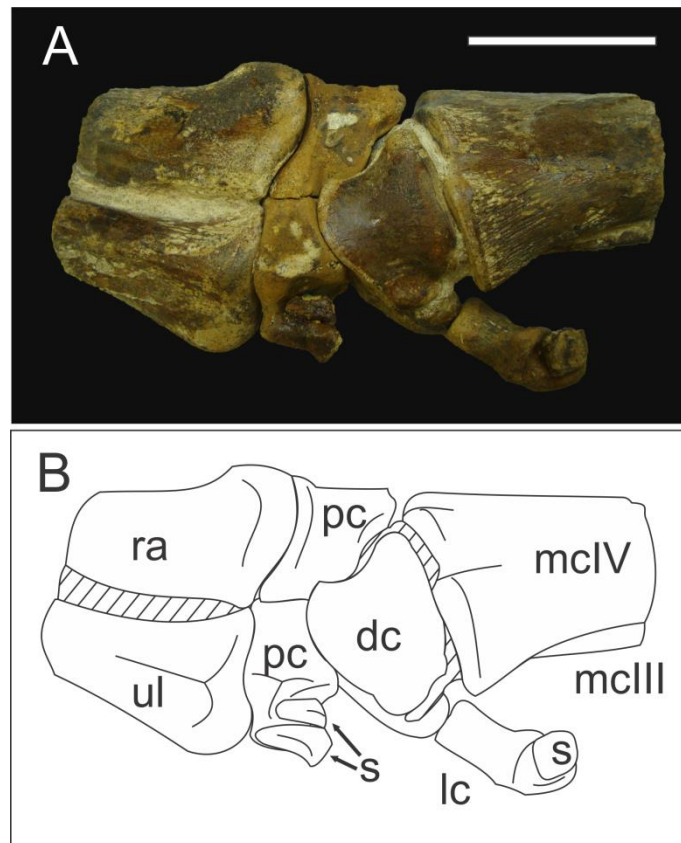


Fig. 3. Fossil before total preparation and disarticulation. A, DGEO-CTG-UFPE 7571 articulated. B, diagram indicating the bony elements. Abbreviations: ra, radius; ul, ulna; pc, proximal carpal; dc, distal carpal; lc, lateral carpal; s, sesamoid; mcIII, metacarpal III; mcIV, metacarpal IV. Scale bar = 5 cm

Pterodactyloidea *indet.*

Material. It was used a single calcareous concretion containing proximal ends of the F2D1, F3D2 and F4D3 phalanges and their respective unguals, the distal portion of the second phalanx (F2D4) and the proximal portion of the third phalanx (F3D4) of the fourth digit, all of them belonging to a right anterior limb (Fig. 4) (DGEO-CTG-UFPE 7781).

Locality and horizon: Upper portion of the Romualdo Formation, Lower Cretaceous (Late Aptian/Early Albian), Santana Group, Araripe Basin, municipality of Exu, “Cedro” site, northwest of Pernambuco state, Brazil (40° 57’ 21” W 08° 03’ 11” S). The material is the second one referring to Pterosauria, in the municipality of Exu (see Aureliano et al., 2014).

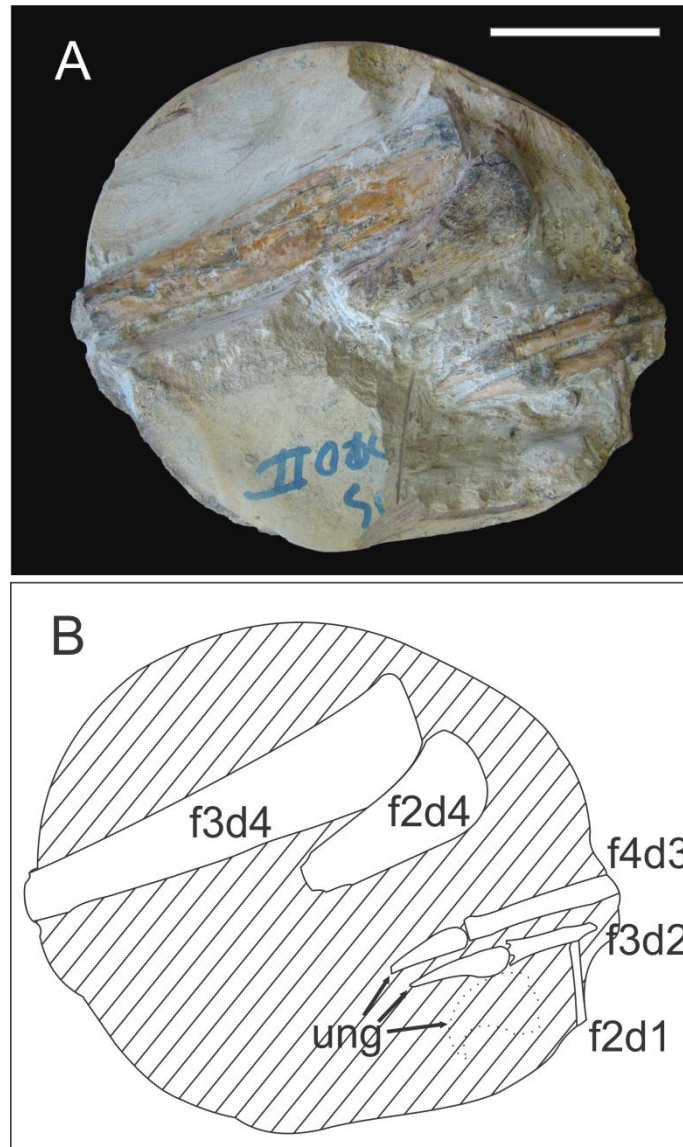


Fig. 4. Fossil before total preparation. A, DGEO-CTG-UFPE 7781 still in calciferous concretion. B, diagram indicating the bony elements. Abbreviations: f2d1, second phalanx of the first digit; f3d2, third phalanx of the third digit; f4d3, fourth phalanx of the third digit; f2d4, second phalanx of the fourth digit; f3d4, third phalanx of the fourth digit; ung, unguals. Scale bar = 5 cm.

4.1. Description and Comparison

4.1.1 DGEO-CTG-UFPE 7571

The sample is extremely well preserved, with no evidence of bone distortion or displacement, and it was prepared mechanically.

The distal articular surface of the left ulna (Fig. 5) is a relatively robust bone, with a preserved portion of 60 mm length, articulation of 73 mm length per 31.5 mm wide. The proximal region, where the bone is broken, has an oval to subquadrangular section (30 mm x 46 mm), with a large cavity in the center filled with calcite crystals, the thickness of the bone layer is very thin, with approximately 1 mm, which was not preserved on the entire surface of the material.

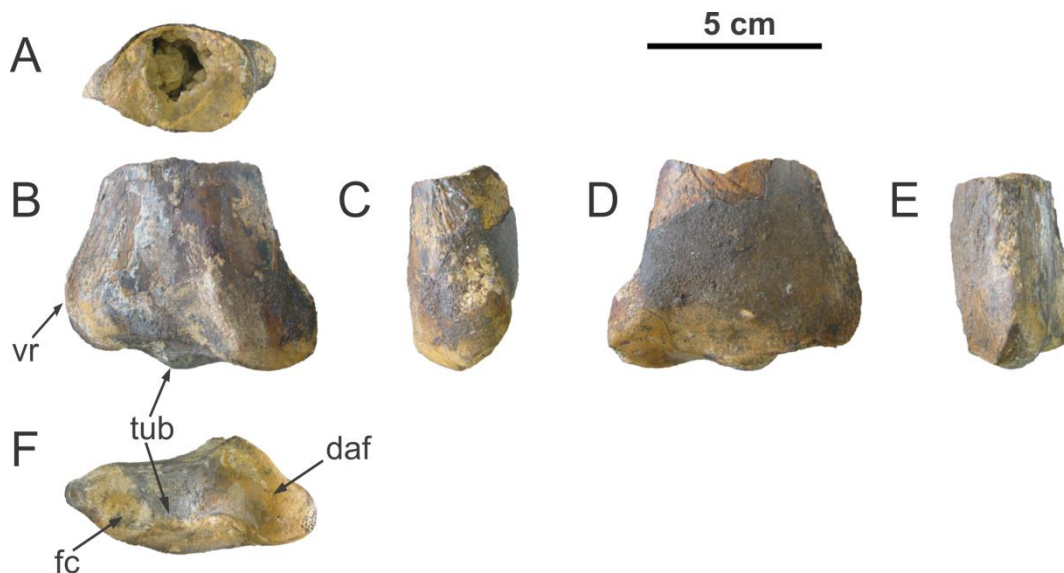


Fig. 5: DGEO-CTG-UFPE 7571, the distal portion of a left ulna. Photos in distal (A), anterior (B), dorsal (C), posterior (D), ventral (E) and proximal (F) views. Abbreviations: tub, tuberculum; daf, distal articular facet; vr, ventral ridge; fc, fóvea carpalis. Scale bar = 5 cm.

In the ventral region, it has a well-developed and sharp crest. The articular face is dorsoventrally elongated and has a sketch similar to a parallelogram, as in BSP 1982 I 2189 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer 1985; Kellner, 1990; Pinheiro and Rodrigues, 2017), BSP 1982 I 90 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 2006; Pinheiro and Rodrigues, 2017), *Santanadactylus pricei* Wellnhofer, 1985, *Araripesaurus castilhoi* Price, 1971 and

Anhangueridae indet. (Aureliano et al. 2014), see Fig. 6. In this face, the convex tubercle and the concave fovea carpalis are present. The fovea carpalis has a diameter of 11 mm and the tubercle is well projected, with approximately 5.16 mm high, as prominent as the ulna of BSP 1982 I 89.

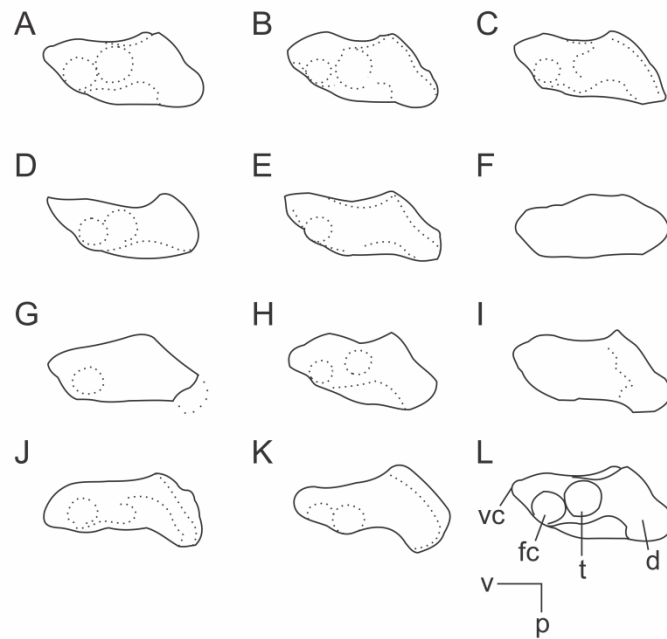


Fig. 6: Distal articulation of the left ulna of pterosaurs. The orientation is uniform for all figures in L (v, ventral, p, posterior). A, DGEO-CTG-UFPE 7571; B, BSP 1982 I 2189 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 1990; Pinheiro and Rodrigues, 2017); C, BSP 1982 I 90 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 2006; Pinheiro and Rodrigues, 2017); D, AMNH 22555 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1991; Kellner, 2006; Pinheiro and Rodrigues, 2017); E, *Araripesaurus castilhoi* (Price, 1971); F, *Anhanguera spielbergi* (Veldmeijer, 2003; Kellner, 2006); G, *Santanadactylus pricei* (Wellnhofer, 1985); H, *Santanadactylus pricei* (Wellnhofer, 1991); I, Anhangueridae indet. DGEO-CTG-UFPE 7516 (Aureliano et al., 2014); J, *Istiodactylus latidens* (Hooley, 1913; Howse et al., 2001); K, Thalassodromidae indet. BSP 1980 I 121 (Wellnhofer, 1985; Witton, 2013); L, Distal facet diagram of the ulna

of DGEO-CTG-UFPE 7571 (vc, ventral ridge; fc, fovea carpalis; t, tuberculum; d, dorsal articular facet). B, C and E reversed. B to K redrawn from the literature.

In the ulna, no pneumatic foramen was observed, the same occurs in *Anhanguera piscator* Kellner and Tomida, 2000, differently from BSP 1982 I 2189, which has a foramen in the cranial surface. The ventral expansion is more projected than in BSP 1982 I 2189 and *Araripesaurus castilhoi*. The contour of the distal articular end of the ulna and radius of DGEO-CTG-UFPE 7571 are very similar (Figures 6 and 8) to the same elements of BSP 1982 I 2189, BSP 1982 I 90, *Anhanguera piscator* and *Santanadactylus pricei*, in which the distal parts are also preserved.

The distal articulation of the left radius (Fig. 7), despite not having a fully preserved diaphysis, it is notable that it is a bone thinner than the ulna. It has a preserved portion of 58 mm, the cross-section is ovoid, with dimensions of 14 mm per 25.5 mm, smaller than half of the ulna diameter, this characteristic is shared with the *Anhanguera* clade, defined by Rodrigues and Kellner (2013), which includes *Ornitocheirus compressirostris* Owen (1851), *Istiodactylus* Howse, Milner and Martill (2001), and all *Anhangueridae*.

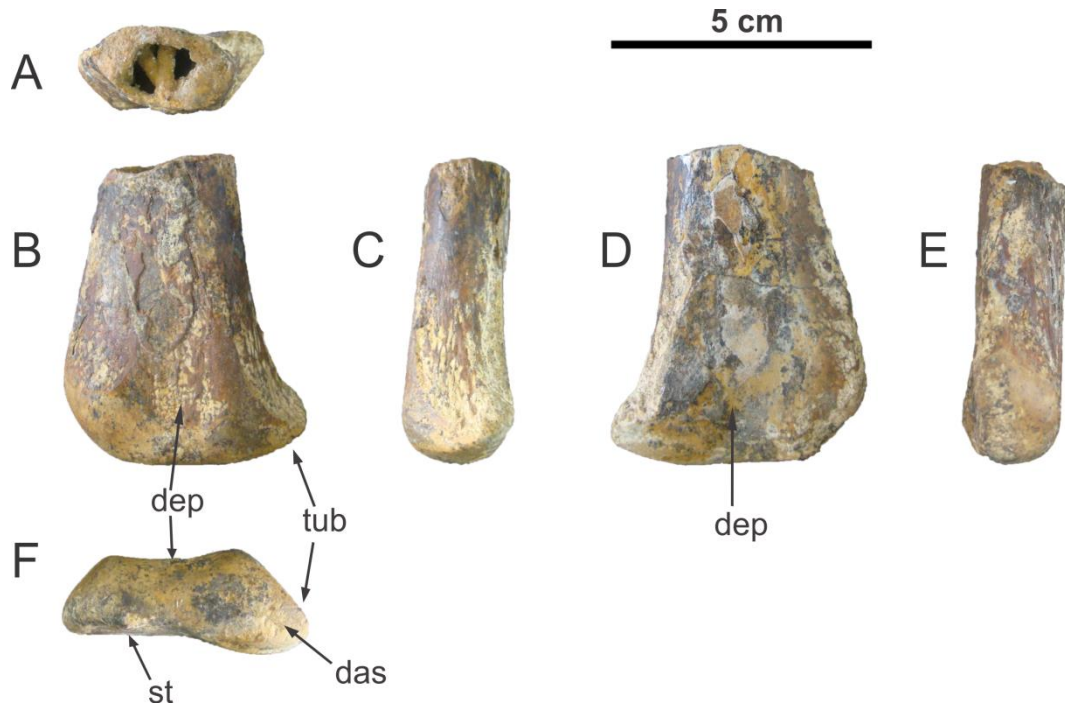


Fig. 7: DGeo-CTG-UFPE 7571, the distal portion of a left radius. Photos in distal (A), posterior (B), dorsal (C), anterior (D), ventral (E) and proximal (F) views. Abbreviations: dep, depression; tub, tuberculum; das, distal articular surface; st, stop in wrist. Scale bar = 5 cm.

In the proximal region of the material, there is a cavity, where it is possible to observe trabeculae, typical of pterosaurs. The distal articular face has a trapezoid shape (46 mm x 17.3 mm), more similar to BSP 1982 I 90, *Anhanguera piscator* and *Anhanguera spilbergi* (Fig. 8). The articular face is more dorsoventrally elongated than in *Santanadactylus pricei*, and the tubercle is more prominent than in BSP 1982 I 89.

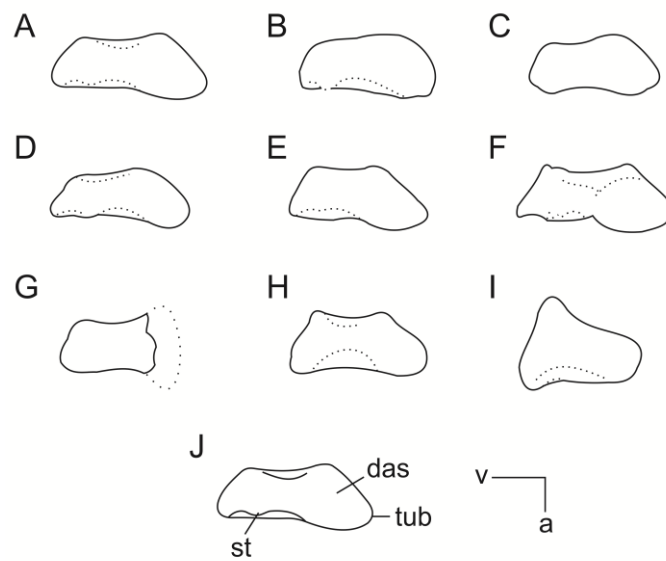


Fig. 8: Distal articulation of the left radius of pterosaur. The orientation is uniform for all figures in J (v, ventral; a, anterior). A, DGEO-CTG-UFPE 7571; B, BSP 1982 I 89 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 1990; Pinheiro and Rodrigues, 2017); C, BSP 1982 I 90 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 2006; Pinheiro and Rodrigues, 2017); D, AMNH 22555 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1991; Kellner, 2006; Pinheiro and Rodrigues, 2017); E, *Anhanguera piscator* (Kellner and Tomida, 2000); F, *Anhanguera spielbergi* (Veldmeijer, 2003; Kellner, 2006); G, *Santanadactylus pricei* (Wellnhofer, 1985); H, *Santanadactylus pricei* (Wellnhofer, 1991); I, *Thalassodromidae* indet. BSP 1980 I 121 (Wellnhofer, 1985; Witton, 2013); J, distal articular facet diagram of the radius of DGEO-CTG-UFPE 7571 (st, stop in wrist; das, distal articular surface; tub, tuberculum). B and C reversed. B to I redrawn from the literature.

The general morphology of carpus presented here is in accordance with those of other materials attributed to *Anhangueridae* (Wellnhofer, 1985; Wellnhofer, 1991; Kellner and Tomida, 2000; Veldmeijer, 2003), which is quite complex. In DGEO-CTG-UFPE 7571, the carpus is complete (Fig. 9), the proximal series consists of two carpals, a cranial and a caudal, which are not fused to each other, as observed in *Anhanguera* sp. (BSP 1982 I 90 and AMNH

22555) and *Anhanguera piscator* (NSM-PV 19892), which were separated during preparation. The cranial carpal is larger and forms the articulation surface of the radius and ulna, whereas the caudal carpal is smaller and only articulates with the ulna; the articulation surfaces are concave. The contact surface between the proximal carpals is unequal and rough, as described in *Anhanguera piscator*, suggesting they were not fully ossified (see ontogenetic maturity). A large foramen is present on the cranioventral surface of the carpal cranial, and there are foramen of different sizes in the other regions. The presence of some pneumatic foramen in carpals of a pterosaur from the Romualdo Formation is not uncommon (*Anhanguera piscator*, BSP 1982 I 90, BSP 1982 I 89, *Barbosania gracilirostris* Elgin and Frey, 2011).

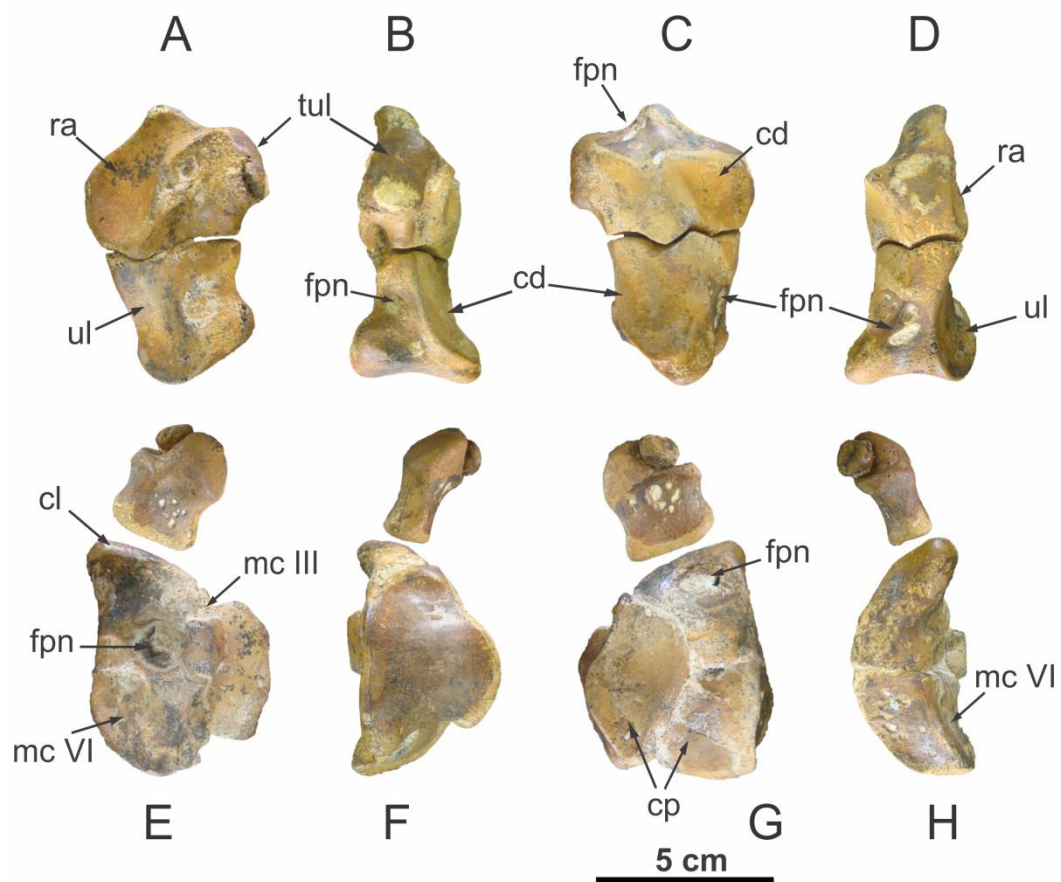


Fig. 9: DGE0-CTG-UFPE 7571, left carpals. Proximal carpals in proximal (A), ventral (B), distal (C) and dorsal (D) views. Distal and lateral carpals in distal (E), dorsal (F), proximal (G) and ventral (H) views. Abbreviations: dc, articular facet for distal carpal; ra, articular

facet for the radius; ul, articular facet for the ulna; cl, articular facet for lateral carpal; pc, articular facet for proximal carpal; dc, articular facet for the metacarpal III; mc IV, articular facet for metacarpal IV; fpn, foramen pneumatic; ses, sesamoid in situ. Scale bar = 5 cm.

The carpal of the distal series is formed by three main elements, dorsally, caudally and cranially positioned, all them partially fused; the sutures are clear. The cranial carpal articulates with the lateral distal carpal of which surface is slightly concave, this element is not fused with the carpal and has a sesamoid associated with it, probably formed by the tendon traction of the flexor ulnaris muscle (Bennett, 2008). The distal region of the dorsal and caudal carpals forms the articular surface for the wing metacarpal (Mc IV). Distally, between the cranial and dorsal carpals, there is an articulation surface for the metacarpal III, rounded and limited on one side by a protruding bony process that fits into a sulcus in the metacarpal wing.

Sesamoids have already been observed in other materials related to pterosaurs, including those from the Romualdo Formation (Price, 1971; Wellnhofer, 1985; Kellner and Tomida, 2000). They are located especially in areas where there were more sudden traction tensions by extensor tendons. In DGEO-CTG-UFPE 7571, in addition to the sesamoid associated with the distal carpal lateral, two other isolated small bones were found, located in the proximal carpal series, more precisely in the dorsal region of the cranial carpal, together with the region through which the tendon of the digitorum longus flexor muscle would pass (Bennett, 2008). These bones are very like those elements found in the right wrist of BSP 1982 I 89, referred to *Santanadactylus araripensis*, a larger one (20 mm), in "shoe shape" and a smaller one (10 mm) elongated.

Regarding the metacarpus, the proximal portions of the metacarpals III and IV, articulated (Fig. 10), are preserved. The metacarpal III is a very thin bone, which is a common

characteristic in several pterodactyloids, its cross-section is subcircular, with 6 mm in diameter and the proximal articulation has a convex surface. The metacarpal IV (wing metacarpal) is a very robust bone, with a preserved portion of 70 mm, and the proximal articular face is rectangular, measuring 60 mm in length per 40 mm in width. The distal region of the material, where it is broken, has an oval contour (24 mm x 42.5 mm), and like in the ulna, there is a cavity which is filled with calcite crystals. The thickness of the bone wall is approximately 0.5mm.



Fig. 10: DCEO-CTG-UFPE 7571, the proximal portion of a left metacarpus.

Metacarpal IV in distal (A), anterior (B), ventral (C), posterior (D), dorsal (E) and proximal (F) views. Abbreviations: mc III, metacarpal III in situ. Scale bar = 5 cm.

Among the four metacarpals, in addition to the McIV, only the metacarpal III reaches the carpus, this same condition occurs in the holotypes of *Anhanguera piscator*, *Anhanguera* sp. (BSP 1982 I 90), *Santanadactylus pricei* and *Araripesaurus castilhoi*.

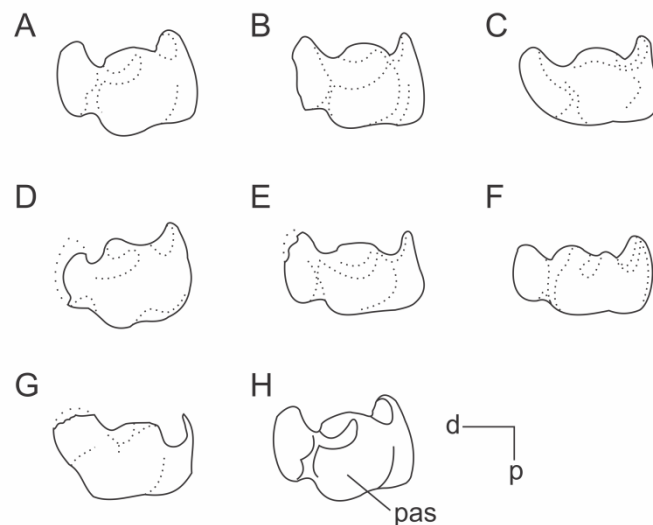


Fig. 11: Proximal articulation of the left metacarpal IV of pterosaurs. The orientation is uniform for all figures in H (d, dorsal; a, posterior). A, DGEO-CTG-UFPE 7571; B, BSP 1982 I 89 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 1990; Pinheiro and Rodrigues, 2017); C, *Santanadactylus pricei* (Wellnhofer, 1985); D, BSP 1982 I 90 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1985; Kellner, 2006; Pinheiro and Rodrigues, 2017); E, AMNH 22555 *Anhanguera* sp. (Wellnhofer, 1991; Pinheiro and Rodrigues, 2017); F, *Istiodactylus latidens* (Hooley, 1913; Howse et al, 2001); G, *Araripesaurus castilhoi* (Price, 1971); H, proximal articular facet of the metacarpal IV of DGEO-CTG-UFPE 7571 (pas, proximal articular surface). B, D, F and G reversed. B to G redrawn from the literature.

4.1.2. DGEO-CTG-UFPE 7781

A typical concretion of the Romualdo Formation, of beige color, rounded and flattened. After the mechanical preparation, it was possible to observe unguals and fragments of phalanges of a right anterior limb, all preserved in three dimensions.

The hand of *Anhanguera piscator* and several other pterosaur taxa already described have a 2:3:4:4:0 phalangeal formula (Kellner and Tomida, 2000). Thus, in this specimen, the following distal portions were preserved: 1) the second phalanx of the first digit (F2D1),

disarticulated but very close to the respective ungual, 2) the third phalanx of the second digit (F3D2), articulated with the ungual, and 3) the fourth phalanx of the third digit (F4D3), this later one is much larger (53 mm in length), more robust, with a small curvature in the distal portion, also articulated with the ungual (Fig. 12). The articulated unguals are not aligned to the phalanges; they have a slight rotation of 20° to the posterior region.

The bones F2D1, F3D2 and F4D3, are very thin, with a circular cross-section, and an approximate diameter ranging from 2-4mm, the section becomes trapezoidal in the region of the collateral ligament pit. The other elements belong to the fourth digit, although fragmented, comparing the size relation with the other preserved phalanges, and comparing their morphology with wing bones of several species reported in the literature, these elements probably belong to the distal portion of the second phalanx (F2D4) and the proximal portion of the third phalanx (F3D4).

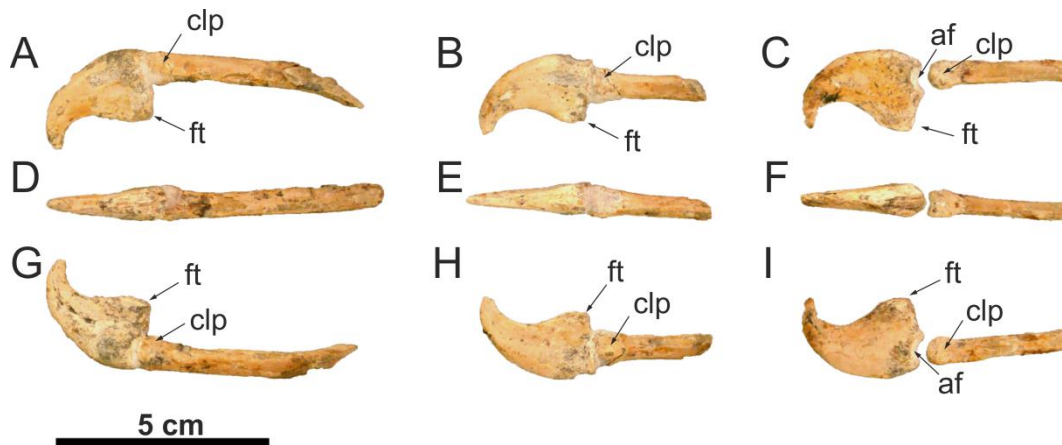


Fig. 12: DGEO-CTG-UFPE 7571, unguals and phalanges of the hand digits. Fourth phalanx of the third digit (A, D, G); third phalanx of the second digit (B, E, H); second phalanx of the first digit (C, F, I). Photos in anterior (A - C), ventral (D - F), and posterior (G - I) views.

Abbreviations: af: articular facet; clp: collateral ligament pit; ft: flexor tubercle; sul: sulcus.

Scale bar = 5 cm.

The unguals are very similar to each other, very curved, laterally compressed (5 mm thick in the upper region), with lateral sulcus in the lower half, a thinner ventral margin (1 mm thick) and sharp tips. The ventral flexor tubercles are well developed, especially in the first digit, which is also the most curved, and the one with the thinner phalanx. In the matrix, they were arranged in a natural position: the ungual of the first digit was closer to the margin of concretion, and the ungual of the second digit was to its right, followed by the third digit.

The manual ungual of DGEO-CTG-UFPE 7781 is much more curved than the manual ungual of NSP-PV 19892 (*Anhanguera piscator*), and its lateral sulcus does not fuse with the ventral margin. The manual ungual of this specimen is apparently more curved than the manual ungual of *Santanadactylus pricei* (AMNH 22552). In the DGEO-CTG-UFPE 7781, as described for *A. piscator*, the articular surface of the phalanx is in the upper part of the ungual, and it is formed by two concavities separated by a shallow mesial ridge, possible to be observed in the disarticulated ungual. Compared with the unguals (Fig. 13) of Tapejarids, such as *Tapejara wellnhoferi* (SMNK PAL 1137) and *Sinopterus dongi* Wang and Zhou, 2002 (D2525), the unguals of DGEO-CTG-UFPE 7781 are thinner and more pointed and less curved (Fig. 11). Primitive pterosaurs (the non-pterodactyloids) also tend to have thinner and more pointed unguals than the specimen under study, which is more similar to Pterodactyloidea taxa.

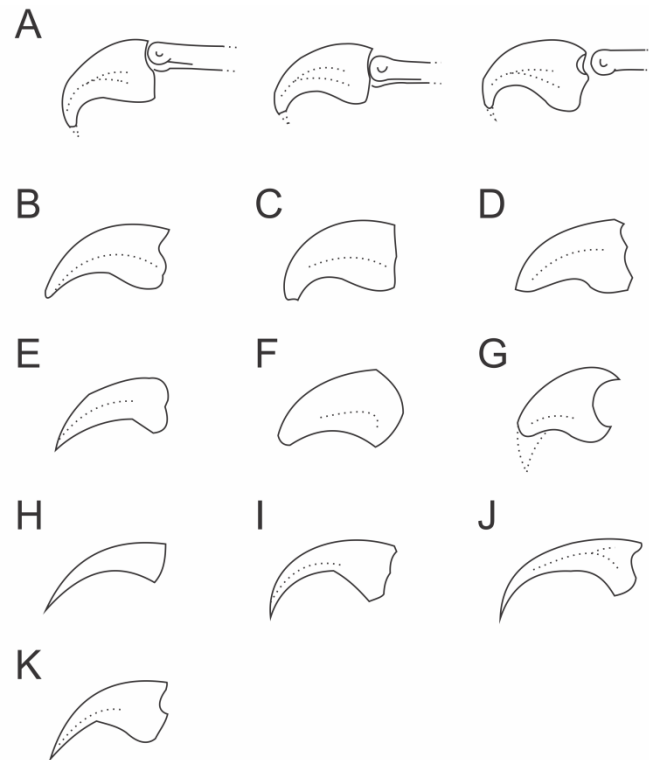


Fig. 13: Manual ungual of pterosaurs. A, third, second and first digits of DCEO-CTG-UFPE 7781; B, *Anhanguera piscator* (Kellner and Tomida, 2000); C, *Anhanguera spielbergi* (Veldmeijer, 2003; Kellner, 2006); D, first digit of *Santanadactylus pricei* (Wellnhofer, 1985); E, *Araripesaurus castilhoi* (Price, 1971); F, first digit of *Pterodactylus guinazui* (Codorniu and Chiappe, 2004); G, *Pteranodontoidea sensu* Kellner, 1996 (Dalla Vecchia et al, 2001); H, first digit of *Tapejara wellnhoferi* (Elgin and Campos, 2012); I, first digit of *Darwinopterus linglongyaensis* (Wang et al, 2010); J, third digit of *Sinopterus dongi* (Junchang et al, 2006); K, third digit of *Elanodactylus prolatus* (Zhou, 2010). B, C, D and L reversed. B to L redrawn from the literature.

The fragment of the distal portion of the second phalanx of the wing (F2D4) is small, 55 mm length, the articulation surface is convex, with striated areas, possibly referring to the insertion surfaces of the interphalangeal ligaments (Fig. 14, A-D). Despite a fracture that displaced part of the preserved diaphysis, the cross-section is ovoid (15 x 28). In comparison with phalanges from the Romualdo Formation (Wellnhofer, 1985, 1991; Frey and Martill,

1994; Kellner and Tomida, 2000, Veldmeijer, 2003), the DGEO-CTG-UFPE 7781 seems to be less robust than the distal articulation of the first phalanx (F1D4), and morphologically quite different from the distal articulation of the third phalanx.

The proximal portion of the third phalanx (F3D4) is a larger (12.8 mm), flat and slightly curved bone, and has some fractures in the dorsal and ventral regions, probably due to the processes of fossil diagenesis. The articulation surface of F3D4 is elongated oval; it is a more expanded region (37 mm) that decreases as it gets closer to the distal region which has 15 mm in the greatest diameter. The cross-section is oval, with a slightly flattened dorsal margin (Fig. 14, E-J). The shape and aspect of the articulation exclude the possibility of the fragment being a distal portion of wing phalanx, and it is quite different from the general morphology of the first phalanx.

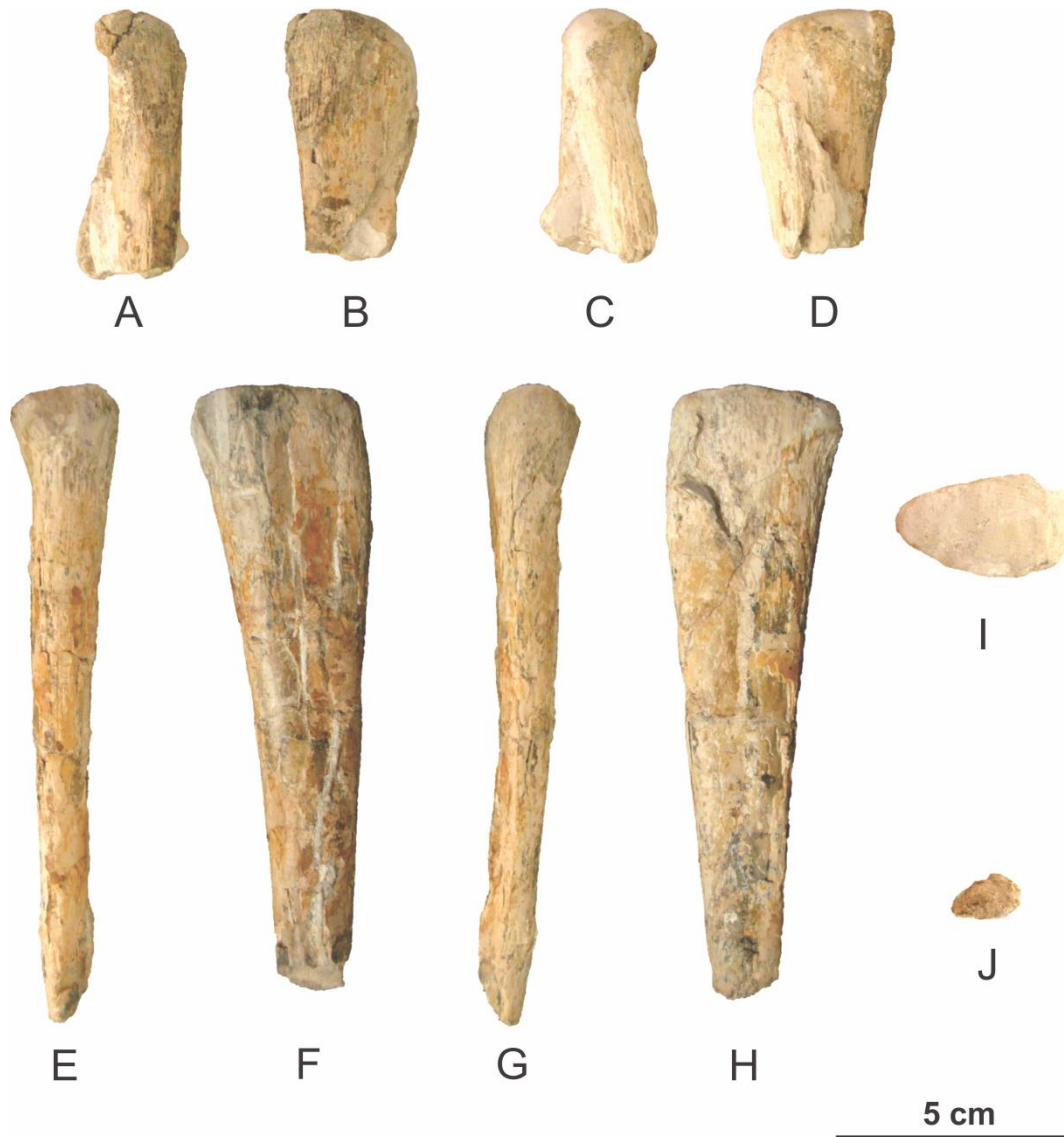


Fig. 14: DGE0-CTG-UFPE 7571, right wing finger phalanx. The distal portion of the second phalanx of the fourth digit (A - D); proximal portion of the third phalanx of the fourth digit (E - J). Photos in posterior (A, E), ventral (B, H), anterior (C, G), dorsal (D, F), proximal (I) and distal (J) views. Scale bar = 5 cm.

5. RESULTS AND DISCUSSION

5.1. Bone histology

The paleohistological analysis was used to obtain ontogenetic information of the DGE0-CTG-UFPE 7571 specimen, and associated to the calculation of the wingspan, to aid

in its taxonomic identification; a tool also used by Kellner et al. (2013) and Aureliano et al. (2014).

Despite the exceptional preservation of the bone, the histological details are not clearly distinguishable in some parts, due to the intense permineralization by calcite, which is a characteristic common to other fossils of this geological unit (Aureliano et al., 2014).

The EFS (External Fundamental System) is a structure composed of several avascular bone layers deposited by the periosteum, especially in long bones (Horner, 2000; Padian et al., 2013), its presence in bones of tetrapods indicates the end of any significant periosteal growth, marking the skeletal maturity.

The thin section of DGEO-CTG-UFPE 7571 (Fig. 15) did not demonstrate a clear deposition of EFS, indicating this individual was still growing before it died. No evidence of growth lines (LAGs) or secondary osteons in this specimen was identified. There are many vascular canals and some fractures along the bone.

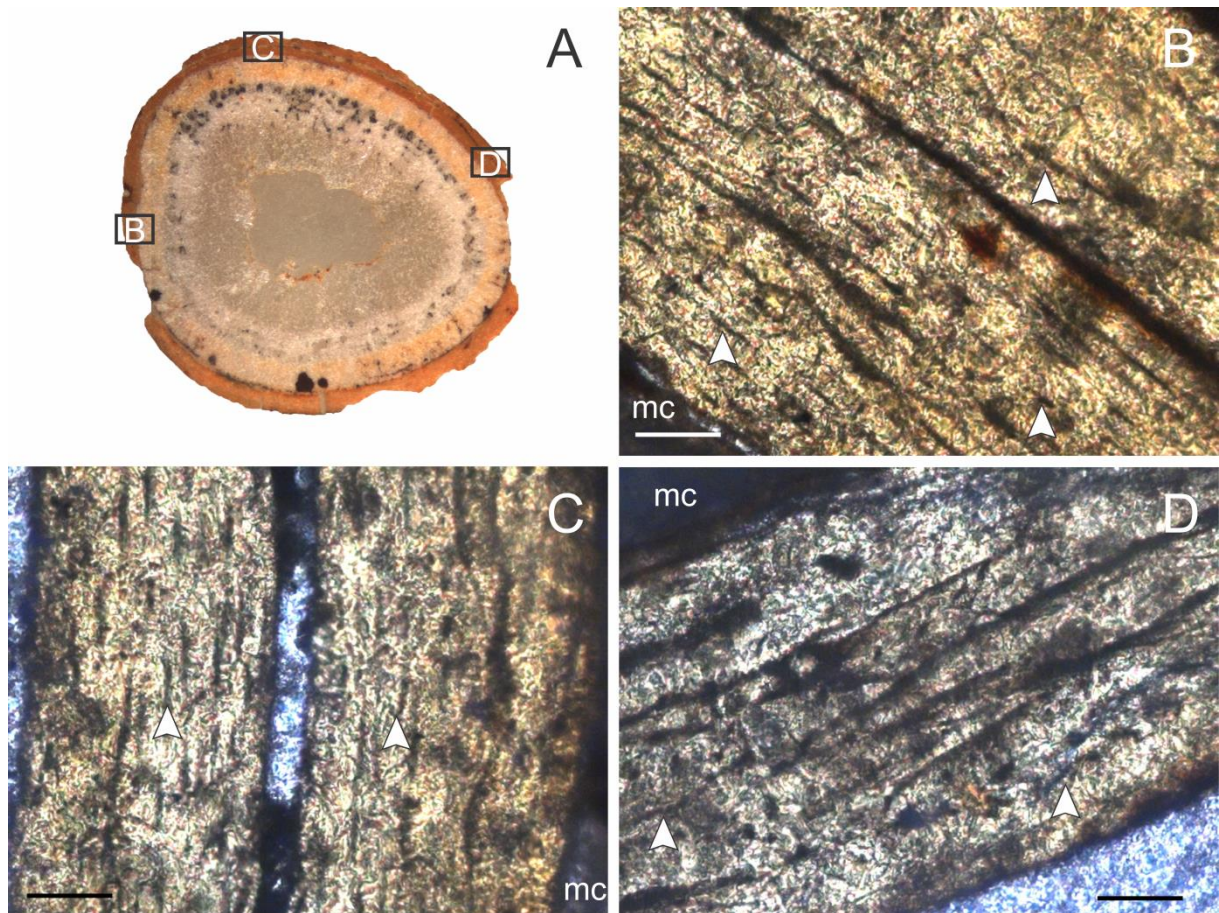


Fig. 15. Histological section of CGEO-CTG-UFPE 7571. A, Cross-section of the metacarpal III, indicating the detailed areas. B, C, and D show histological details of the section on different parts of the bone. The cortical matrix is well vascularized, there are several anastomosed canals, which are indicated by white arrows. Abbreviation: mc, medullary cavity. Scale: 50 μ m.

5.2. Estimating wingspan

With the measurement of the distal ulna portion of DGEO-CTG-UFPE 7571, it was possible to estimate a length ranging from 418 mm to 357 mm; the mean value is 387.5 mm (see Table 1). The estimated length for the metacarpal IV was between 284 mm and 295 mm, with a mean of 289.5 mm (see Table 2). The mean length of the ulna was considered in order

to reconstruct the length of the other bones (Table 3). The wingspan ranges from 5.54 to 5.83 meters.

Table 1. Measurements (mm) of the ulna of NSM-PV 19892 (Kellner and Tomida, 2000) and AMNH 22552 (Wellnhofer, 1991), and estimated ulna length of DGEO-CTG-UFPE 7571.

	Length	Distal Width
<i>Anhanguera piscator</i>	390	68
AMNH 22552	242,5	49,5
DGEO-CTG-UFPE 7571	418*	73
	357**	73

*based on *Anhanguera piscator* NSM-PV 19892

**based on AMNH 225522

Table 2. Measurements (mm) of the metacarpal IV of NSM-PV 1989 (Kellner and Tomida, 2000) and AMNH 22552 (Wellnhofer, 1991), and estimated Metacarpal IV length of DGEO-CTG-UFPE 7571.

	Length	Proximal Width
<i>Anhanguera piscator</i>	256	54
AMNH 22552	172	35
DGEO-CTG-UFPE 7571	284*	60
	295**	60

*based on *Anhanguera piscator* NSM-PV 19892

**based on AMNH 225522

Table 3. Ratios based on measurements provided by Kellner and Tomida (2000) and Wellnhofer (1991).

Ratios	<i>Anhanguera piscator</i>	AMNH 22552
ul/sc	3.482	-
ul/hu	1.529	1.426

ul/ph1d4	-	0.652
ul/ph2d4	-	0.748
ul/ph3d4	-	0.962
ul/ph4d4	-	1.515

The carpals were kept constant since they were measured directly in the sample. The maximum wingspan (MAXWS) was obtained by summing the mean lengths of sca, hu, ul, car, mcIV, car, mcIV, ph1d4, ph2d4, ph3d4 e ph4d4 multiplied by 2. The normal wingspan (NWS) was calculated by multiplying the MAXWS by 0.95 (Table 4).

Table 4. Estimated lengths (mm) of the anterior limb of DGEO-CTG-UFPE 7571 based on the bone ratios of *Anhanguera piscator* (NSM-PV 19892) and AMNH 22552 (Table 3).

Abbreviations: sca, scapula; hu, humerus; ul, ulna; car, carpals; mcIV, metacarpal IV; ph1d4, phalanx 1 of digit 4; ph2d4, phalanx 2 of digit 4; ph3d4, phalanx 3 of digit 4; ph4d4, phalanx 4 of digit 4, MAXWS, maximum wingspan; NWS, normal wingspan.

	sca	hu	ul	car	mcIV	ph1d4	ph2d4	ph3d4	ph4d4	MAXWS	NWS
Based on <i>A. piscator</i>	120	273	418	45	384	641**	559**	434**	276**	6300	5985
Based on AMNH	103*	250	357	45	295	548	477	371	236	5365	5096
Mean Values	112	261,5	387,5	45	289,5	594,5	518	402,5	256	5832	5540

*based on *Anhanguera piscator* NSM-PV 19892

**based on AMNH 22552

The wingspan of DGEO-CTG-UFPE 7781 was not calculated because it had only two fragments of long bones possible to be used in the calculation and because there was no exactness regarding the origin of these bones (wing phalanges).

5.3. Ontogenetic maturity

Mature individuals tend to be larger, but body size can have several variables, such as food, climate, and competition (Kellner and Tomida, 2000). The degree of epiphyseal ossification, a fusion of structures and pattern of wear of bone ends are some of the criteria used for ontogenetic identification in pterosaur species, in addition to size (Bennett, 1993). Paleohistology is a tool able to provide less subjective parameters to determine the development of organisms, and it has been well used in studies on pterosaurs.

The distal carpal series of DGEO-CTG-UFPE 7571 has four elements, the sutures are evident, whereas the proximal series is not fused, but the articulation surface between the carpals suggests a beginning of fusion. This finding corroborates the suggestion of Kellner and Tomida (2000), who explained that the distal carpal series tends to fuse before the elements of the proximal series. According to Kellner (1991), the fusion of carpal elements in some pterosaurs from the Santana Group is an ontogenetic characteristic. The degree of fusion between the carpal elements of DGEO-CTG-UFPE 7571 suggests it is a younger animal than other specimens that have the same carpal morphology, such as *Anhanguera* sp. (BSP 1982 I 89), *Santanadactylus pricei* (BSP 1980 I 122 and BSP 1987 I 1), *Arthurdactylus conandoylei* Elgin and Frey, 2012 (SMNK PAL 3854) and *Thalassodromidae* indet. (BSP 1980 I 121), of which carpals are fully fused, becoming a single bone.

The carpus of two specimens reported by Pinheiro and Rodrigues (2017) as *Anhanguera* sp. (BSP 1982 I 90 and AMNH 22555) and the holotype *Anhanguera piscator* NSP-PV 19892, are not fused either, suggesting these specimens were on a similar ontogenetic stage; the first two probably younger since the distal series is totally not fused. The size of the bones and, consequently, the wingspan of DGEO-CTG-UFPE 7571 is quite close to the holotype *Anhanguera piscator*, which reinforces this ontogeny.

The epiphyses of the long bones (radius, ulna and metacarpal IV), of the material from Araripina, are well ossified, and the sutures can be seen. The articulation surfaces tend to be smooth, suggesting they were covered with cartilage at the time of deposition.

Considering the above information, from the ontogenetic point of view, DGEO-CTG-UFPE 7571 represents a young animal, even with a mean wingspan of 5.5 meters, which is like the case of *Anhanguera piscator*, also considered a young animal with an estimated wingspan of 5 meters. This interpretation is still corroborated by the histological study of this specimen since, due to the absence of External Fundamental System, it is concluded that this individual had not yet reached the maximum growth before it died.

5.4. Taxonomic identification

The two specimens described here are not complete enough to be classified in the generic or specific level category; most of the apomorphies in pterosaurs are cranial.

Probably the metacarpals I and II of DGEO-CTG-UFPE 7571 are smaller since they are not articulated with the metacarpal IV and do not reach the carpus. This characteristic is associated with more adapted pterosaurs, typical from the Cretaceous, including *Anhangueridae* Campos and Kellner, 1985.

The ulna has a well-developed ventral crest, which occurs in *Anhangueridae* specimens (Kellner, 2003), showing a higher affinity with this clade than with tapejaroids, which have no crest. Kellner and Tomida (2000) consider this characteristic as a diagnosis of *Anhanguera piscator*, but it is not a synapomorphy valid for *Anhanguera* according to the most recent review of this genus, carried out by Pinheiro and Rodrigues (2017).

The proportional size of the bones (reconstructed) and their morphology are consistent with pteranodontids, especially with *Anhangueridae* (Vila Nova e Sayão, 2012), for which the

specimen is referred. It was a young individual, and although it is 5,6 m of mean wingspan, it is more related to medium-sized Anhangueridae species, such as those of the *Anhanguera* genus, than to the giant forms, such as *Tropeognathus*, which had a wingspan longer than 8 m (Kellner et al., 2013).

The above-mentioned material is also attributed to the clade Anhangueria because the diameter of the radius is lower than half of the ulna diameter (Rodrigues and Kellner, 2013).

DGEO-CTG-UFPE 7781 has pneumatic bones, with the extremely thin wall, and the first three digits of the anterior limb are small, and the fourth digit is large, indicating a typical characteristic of Pterosauria. However, the preservation status (only two fragments of wing phalanges), as well as the lack of published detailed specimens, make difficult a more precise taxonomic designation for this specimen. The ungual is an element that varies considerably within the same taxon (Fig. 11), so it is not safe to use it as a taxonomic character, but the morphological characteristics of this material are more similar to pterodactyloid specimens, non-tapejarid.

6. CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS

In the Cedro site, in Exu, at the same stratigraphic level the DGEO-CTG-UFPE 7781 was collected, the following fish species were also collected: *Calamopleurus cylindricus*, *Rhacolepis buccalis*, *Brannerion* sp., *Tarrhias araripis*, *Neoproscinetes penalvai*, *Vinctifer comptoni*, *Notelops brama*, *Cladocycclus gardneri* and *Beurlenichthys ouricuriensi*. In systematic collections, *Calamopleurus cylindricus* was the most common species, of 35 specimens collected, 8 of them were *Calamopleurus*, mostly represented by large skulls (approximately 25 cm). *Rhacolepis buccalis* was the second most frequent species (6 specimens). Many coprolites were also associated with this stratigraphic level, some plant remains, including *Brachyphyllum* sp., were also collected.

The paleoenvironment in the Romualdo Formation is interpreted as transitional, with significant energy variation in the lagoon environment, with transgressive pulses. In the Cedro site, due to the quantity and diversity of fish, at the same level of the shales in which the Anhangueridae DGEO-CTG-UFPE 7781 was collected, it is suggested that the depositional environment in which the organisms lived in there was no very shallow water, and there was a good availability of food for wildlife, including predators such as *Calamopleurus cylindricus* and pterosaurs.

In the Site of “Pedreira Alto Alegre”, in Araripina, associated with the pterosaur DGEO-CTG-UFPE 7571, the following fish species were collected: *Mawsonia gigas*, *Calamopleurus cylindricus*, *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis* and *Tarrhias araripis*. Also, there was a significant number of coprolites in concretions.

Although there is no direct evidence of predation of Santana Group fish by tetrapods, probably, toothed pterosaurs, such as Anhangueridae, predated these animals (Wellnhofer, in Maisey, 1991). Among these pterosaurs, there is a variation in the dentition (diameter, quantity, size), but all of them have the same characteristic, thin and pointed teeth, adapted for piscivorous diet. Wellnhofer (1987, 1991a, b) proposes that individuals of this group predated fish, and could extract their prey from the water without interrupting their flight. This theory is supported by mathematical models in Veldmeijer et al.

The body of these animals was relatively small; therefore, they were unable to swallow big fish (Veldmeijer et al., 2007). Their specialized dentition impeded these animals from chewing their prey, suggesting they hunted small fish or swallowed fish pieces. Based on this information, of the fish species found in the localities studied here, certainly *Calamopleurus cylindricus*, *Cladocyclus gardneri*, and *Mawsonia gigas* were not predated by pterosaurs, due to the large size, but they could be competing for food with the pterosaurs.

Smaller fish such as *Beurlenichthys*, *Rhacolepis*, *Tarrhias*, *Brannerion*, *Notelops*, and young *Vinctifer* individuals were more likely preys.

7. CONCLUSION

Pterosaur from Araripina (DGEO-CTG-UFPE 7571) belongs to Anhangueridae, based on the presence of a well-developed ventral crest at the distal end of the ulna, and by the fact that only the metacarpals III and IV reach the carpus. The degree of fusion of the carpal bones and the histological study suggest it is a young individual. Its wingspan ranges from 5.4 and 5.8 meters, a size common to Anhangueridae species, more related to the genus *Anhanguera* than to gigantic forms, such as *Tropeognathus*. The material from the municipality of Exu (DGEO-CTG-UFPE 7781) was identified as Pterosauria and has similarities with Pterodactyloidea, due to the morphological characteristics of its bony elements, especially unguals.

The present study describes the most complete pterosaur material for the state of Pernambuco, southern region of the Araripe Basin, and it is one of the few specimens with known provenance and stratigraphic horizon. This study also shows that the southern region of the Araripe Basin has the potential for research, not only on archosaurs but also with a high diversity of fish, including *Calamopleurus*, *Rhacolepis*, *Tharrias*, *Neoproscinetes*, *Vinctifer*, among others.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

We sincerely thank CAPES, CNPq (process 303071/2014-1), the Funcultura Independente Project (0756/2014) and the FUNDARPE for the support to the research; and Edmar Alves Modesto and the team of the “Tesouros do Araxá do SESI de Araripina”: Professors Emerson Nunes and Jolbert Almeida and the students Diego Almeida, Paulo Macedo, Camila Ribeiro, Karol Dourado, Felipe Moreira and Lucas Lima. We also thank

Maurilio de Moraes and José Fidelis for the preparation of the thin sections; Tito Aureliano and Taissa Rodrigues for the support in the identification of the specimens, and Yumi Asakura and Gabriel Shiraishi for the aid in the thin section photograph.

9. REFERENCES

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

Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe, *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389.

Assine, M.L.; Perinotto, J.A.; Custódio, M.A.; Neumann, V.H.; Varejão, F.G. and Mescolotti, P.C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v.22, n.1:3-28.

Aureliano, T. ; Ghilardi, A.M.; Duque, R.R.R. and Barreto, A.A.F. 2014. On the Occurrence of Pterosauria in Exu, Pernambuco (Lower Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin), Northeastern Brazil. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 24, p. 15-27.

Bennett, S.C. 1993. The ontogeny of Pteranodon and other pterosaurs. *Paleobiology*, 19, 92-106.

Bennett, S.C. 2008. Morphological evolution of the wing of pterosaurs: myology and function. *Zitteliana*, 127-141.

Brito Neves, B.B.B. 1990. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: 1º Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato, CE, Atas, p.43-51.

Campos, D.A. and Kellner, A.W.A. 1985. Panorama of the flying reptiles study in Brazil and South America. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(4), 453-466.

Chinsamy, A.; Chiappe, L.M.; Marugán-Lobón, J.; Chunling, G. and Fengjiao, Z. 2013.

Gender identification of the Mesozoic bird *Confuciusornis sanctus*. *Nature Communications*, 4 (1): p.1381.

Codorniú, L. and Chiappe, L. 2004. Early juvenile pterosaurs (Pterodactyloidea: Pterodraustroguinazui) from the Lower Cretaceous of central Argentina. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 41(1), 9-18.

Dalla Vecchia, F.M. and Ligabue, G. 1993. On the presence of a giant pterosaur in the Lower Cretaceous (Aptian) of Chapada do Araripe (northeastern Brazil). *Boll Soc Paleont Italiana*. 32: 131-136.

Dalla Vecchia, F.M.; Arduini, P. and Kellner, A.W. 2001. The first pterosaur from the Cenomanian (Late Cretaceous) Lagerstätten of Lebanon. *Cretaceous Research*, 22(2), 219-225.

De Ricqlès, A.J.; Padian, K.; Hoener, J.R. and Francillon-Viellot, H. 2000. Paleohistology of the bones of pterosaurs (Reptilia: Archosauria): anatomy, ontogeny, and biomechanical implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 129: 349-385.

Elgin, R.A. and Frey, E. 2011. A new ornithocheirid, *Barbosania gracilirostris* gen. et sp. nov. (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Santana Formation (Cretaceous) of NE Brazil. *Swiss Journal of Palaeontology*, 130(2), 259.

Elgin, R.A. and Frey, E. 2012. A nearly complete ornithocheirid pterosaur from the Aptian (Early Cretaceous) Crato Formation of NE Brazil. *Acta Palaeontologica Polonica*, 57(1), 101-110.

Fara, E.; Saraiva, A.F.F.; Campos, D.A.; Moreira, J.K.R., Siebra, D.C. and Kellner, A.W.A. 2005. Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and

palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 218:145–161.

Frey, E. and Martill, D. 1994. A new pterosaur from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 194, 379–412.

Ghilardi, A.M.; Aureliano, T.; Duque, R.R; Fernandes, M.A.; Barreto, A.M. and Chinsamy, A. 2016. A new titanosaur from the Lower Cretaceous of Brazil. *Cretaceous Research*, 67, 16–24.

Hooley, R.W. 1913. On the skeleton of *Ornithodesmus latidens*; an ornithosaurus from the Wealden shales of Atherfield (Isle of White). *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 69: 372–421.

Horner, J.R.; De Ricqlès, A.J. and Padian, K. 2000. The Bone Histology of the Hadrosaurid dinosaur *Maiasaura peeblesorum*: Growth dynamics and physiology based on an ontogenetic series of skeletal elements. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20(1): 109–123.

Howse, S.C.B.; Milner, A.R. and Martill, D. 2001. Pterosaur. In: Martill, D. and Naish, D. (Eds), *Dinosaur of the Isle of Wight, Paleontological Association Field Guides to Fossils*, n. 10, London: Paleontological Association, p. 324–335.

Junchang, L.; Jinyuan, L.; Xuri, W.; Chuling, G.; Qingjin, M. and Qiang, J. 2006. New material of pterosaur *Sinopterus* (Reptilia: Pterosauria) from the Early Cretaceous Jiufotang Formation, Western Liaoning, China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 80(6), 783–789.

Kaup, J.J. 1834. Versuch einer Eintheilung der Saugethiere in 6 Stämme und der Amphibien in 6 Ordnungen. *Isis*, 3: 311–315.

Kellner, A.W.A. and Campos, D.A. 1999. Vertebrate Paleontology in Brazil - a Review. EPISODES, 22 (3), 238–251

Kellner, A.W.A. and Tomida, Y. 2000. Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the Pterosaur Fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), Northeastern Brazil. National Science Museum, Tóquio, Monographs, 17: 1-135.

Kellner, A.W.A.; Campos, D.A.; Sayão, J.M.; Saraiva, A.A.F.; Rodrigues, T.; Oliveira, G.; Cruz, L.A.; Costa, F.R.; Silva, H.P. and Ferreira, J.S. 2013 The largest flying reptile from Gondwana: a new specimen of *Tropeognathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85.1: 113-135.

Kellner, A.W.A. 1990. O mundo deu muitas voltas. IBM do Brasil, p. 35-51.

Kellner, A.W.A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE – Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. SIGEP 6 In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBETBORN, M. L. C. (Edits.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP), v. 01, p. 121-130.

Kellner, A.W.A.; Aguirre-Urreta, M.B. and Ramos, V.A. 2003. On the Pterosaur Remains from the Río Belgrado Formation (Barremian), Patagonian Andes of Argentina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 75 (4): 487-495.

Kellner, A.W.A. 2006. Pterossauros – os senhores do céu do Brasil. Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 176p.

- Lamm, E.T. 2013. Chapter 4 – Preparation and Sectioning of Specimens. In: Padian, K., Lamm, E.T. (Eds) *Bone Histology of Fossil Tetrapods: Advancing Methods, Analysis and Interpretations*. University of California Press, Berkeley p.5—60.
- Mabesoone, J.M. and Tinoco, I.M. 1973. Paleoeology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14: 97-118.
- Maisey JG. *Santana fossils: an illustrated Atlas*. 1991. 1st ed. Neptune, New Jersey: T.F.H. Publications.
- Martill, D.M. 1988. Preservation of Fish in the Cretaceous of Brazil. *Paleontology*, n.31, p.1-18.
- Martill, D.M. 1997. Fish oblique to bedding in early diagenetic concretions from the Cretaceous Santana Formation of Brazil e implications for substrate consistency. *Palaeontology*, n.41, p. 1011-1026.
- Naish, D; Martill, D.M. and Frey, E. 2004. Ecology, systematics and biogeographical relationships of dinosaurs, including a new theropod, from the Santana Formation (Albian, Early Cretaceous) of Brazil. *Historical Biology*. 16.2-4:57-70.
- Neumann, V.H. and Cabrera, L. 1999. Uma nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Serra Negra, SP, Boletim, p. 279-285.
- Padian, K.; Ricqlès, A.J. and Horner, J.R. 1995. Bone histology determines identification of a new fossil taxon of pterosaur (Reptilia: Archosauria). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Serie Ha*, Ha, 320:77-84.

- Padian, K.; Lamm, E.T. and Werning, S. 2013. Selection of Specimens. In: Padian, K., Lamm, E.T. (Eds) *Bone Histology of Fossil Tetrapods: Advancing Methods, Analysis and Interpretations*. University of California Press, Berkeley p.55-160.
- Pinheiro, F.L.; Schultz, C.L.; Martins Neto, R.G. and Andrade, J.A.F.G. 2012. What is “*Pricesaurus megalodon*”? Reassessment of an enigmatic pterosaur. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 15(3), 264-272.
- Pinheiro, F.L. and Rodrigues, T. 2017. *Anhanguera* taxonomy revisited: is our understanding of Santana Group pterosaur diversity biased by poor biological and stratigraphic control? *PeerJ* 5:e3285. <https://doi.org/10.7717/peerj.3285>
- Plieninger, F. 1901. Beiträge zur Kenntnis der Flugsaurier. *Paläontogr*, 48: 65-90.
- Ponte, F.C. and Ponte Filho, F.C. 1996. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. 4. Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, p. 123-133.
- Price, L. I. 1971. A presença de Pterosauria no Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 43:451–461.
- Rodrigues, T. and Kellner, AWA. 2013. Taxonomic review of the *Ornithocheirus* complex (Pterosauria) from the Cretaceous of England. *Zookeys* (Online), 308: 1-112.
- Sayão, J.; Kellner, A.W.A.; Calvo, J. and Porfiri, J. 2004. Bone histology of a large pterosaur from the Portezuelo Formation, Neuquen Group, Patagonia, Argentina, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24(3): 109A-110A.
- Sayão J.M. 2003. Histovariability in bones two pterodactyloid pterosaurs from the Santana Formation, Araripe Basin, Brazil: preliminary results. In: Buffetaut, E., Mazin, J.M. (Eds)

Evolution and Palaeobiology of Pterosaurs. Geological Society Special Publication 217. Geological Society, Londres p.335-342.

Steel, L. 2001. Pterosaur bone histology: A re-interpretation of some of earliest histological sections. *Strata*, Serie, 11, 90-91.

Veldmeijer, A.J.; Signore, M. and Bucci, E. 2007. Predator-prey interaction of Brazilian Cretaceous toothed pterosaurs: a case example. In *Predation in Organisms* (pp. 295-308). Springer Berlin Heidelberg.

Veldmeijer, A.J. 2003. Description of *oloborhynchus spielbergi* sp. Nov. (Pterodactyloidea) from the Albian (Lower Cretaceous) of Brazil. *Scripta Geologica*, 125: 35-139.

Vila Nova, B.C. and Sayão, J.M. 2012. On wing disparity and morphological variation of the Santana Group pterosaurs. *Hist Biol* 24: 567-574.

Vila Nova, B.C.; Saraiva, A.A.F.; Moreira, J.K.R. and Sayão, J.M. (2011) Controlled excavations in the Romualdo Formation Lagerstätte (Araripe Basin, Brazil) and pterosaur diversity: remarks based on new findings. *Palaaios*, 26 (3), 173–179.

<http://dx.doi.org/10.2110/palo.2010.p10-072r>

Wang, X. and Zou, Z. 2002. A new pterosaur (Pterodactyloidea, Tapejaridae) from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of western Liaoning, China and its implications for biostratigraphy. *Chinese Sci. Bull.*, 47(20): 1521-1527 (in Chinese).

Wang, X.; Kellner, A.W.; Jiang, S.; Cheng, X.; Meng, X. and Rodrigues, T. 2010. New long-tailed pterosaurs (Wukongopteridae) from western Liaoning, China. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(4), 1045-1062.

Wellnhofer, P. 1985. Neue Pterosaurier aus der Santana Formation (Apt.) der Chapada do Araripe, Brasilien. *Palaeontographica, Abteilung A* 187:105-182.

Wellnhofer, P. 1987. New crested pterosaurs from the Lower Cretaceous of Brazil. *Mitt Bayer Staatssg Paläontol Hist Geol* 27: 175-186.

Wellnhofer, P. 1991a. The illustred encyclopedia of pterosaurs. Salamander Books Ltd, Londres. 192p.

Wellnhofer, 1991b. Weitere Pterosaurierfunde aus der Santana-Formanation (Apt) der Chapada do Araripe, Brasilien. *Palaeontographica Abt, a.*, 215 (1-3): 43-101.

Witton, M.P. 2013. Pterosaurs: natural history, evolution, anatomy. Princeton University Press, Oxfordshire, 291 p.

Zhou, C.F. 2010. New material of *Elanodactylus prolatus* Andres & Ji, 2008 (Pterosauria: Pterodactyloidea) from Early Cretaceous Yixian Formation of western Liaoning, China. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 255(3), 277-286.

8 CONCLUSÕES

O estudo de oito sítios fossilíferos em regiões pouco exploradas da Bacia do Araripe, com o levantamento de faunas associadas é relevante, visto que essas informações auxiliam numa interpretação mais completa da vida pretérita, e esse tipo de estudo ainda é pouco realizado na bacia.

Foram identificados 16 táxons de paleovertebrados, incluindo peixes: *Vinctifer comptoni*, *Rhacolepis buccalis*, *Calamopleurus cylindricus*, *Cladocycclus gardneri*, *Neoproscinetes penalvai*, *Paraelops cearenses*, *Tharrhias araripis*, *Notelops brama*, *Araripelepdotes temnurus*, *Brannerion latum* e *Beurlenichthys ouricuriensis*; além de pterossauros Anhangueridae e quelônios (*Araripemys barretoï*).

Comparando-se os fósseis estudados em Exu com as propostas das assembleias de Maisey (1991), nota-se a semelhança da forma e características das concreções de Exu às do tipo “Santana”, porém a associação fossilífera é correlacionada à fauna do tipo “Missão Velha”, com grande presença de *Vinctifer*, *Rhacolepis*, *Brannerion* e *Neoproscinetes*.

O fóssil de Pterosauria proveniente do município de Exu, DGEO-CTG-UFPE 7781, mostra afinidades com Pterodactyloidea, devido às características morfológicas de seus elementos ósseos, sobretudo ungueais.

O pterossauro de Araripina (DGEO-CTG-UFPE 7571), apresentou uma média de 5,6 metros de envergadura, estimada, a partir da metodologia de Kellner et al. (2013). Era um indivíduo jovem no momento da sua morte, sugerido pela análise e interpretação histológica e também pelo grau de fusão dos ossos do carpo. É referido a Anhangueridae, devido a presença de uma crista ventral bem desenvolvida na extremidade distal da ulna, e pelo fato de que apenas o metacarpal III e IV atingem o carpo. Apresentou-se aqui o material mais

completo de pterossauro para o estado de Pernambuco, e entre os poucos com procedência, horizonte estratigráfico e associação fossilífera conhecidos.

O trabalho revela que a região sudoeste da Bacia do Araripe possui potencial para pesquisas, não só se tratando de arcossauros, pois é registrada uma grande diversidade de peixes, que inclui *Calamopleurus*, *Rhacolepis*, *Tharrias*, *Neoproscinetes*, *Vinctifer*, entre outros. Os novos sítios e táxons estudados no município de Exu colaboram para um melhor entendimento das paleocomunidades e paleobiodiversidade da Bacia Sedimentar do Araripe.

REFERÊNCIAS

- Agassiz, L. 1841. On the fóssil fishes found by Mr. Gardner in the province of Ceará, in the north of Brazil. *The Edinburgh New Philosophical Journal* 30:82-84.
- Arai, M.; Carvalho, I.S. and Cassab, R.C.T. 2004. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Araripe. *Informativo da Fundação Paleontológica Phoenix*, Aracaju, n. 72.
- Assine, M.L. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v.22, n. 3, p.289-300.
- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe, *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389. 2007.
- Assine, M.L.; Perinotto, J.A.; Custódio, M.A.; Neumann, V.H.; Varejão, F.G. and Mescolotti, P.C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.22, n.1:3-28.
- Aureliano, T.; Ghilardi, A.M.; Duque, R.R.C. and Barreto, A.M.F. 2014. On the occurrence of Pterosauria in Exu, Pernambuco (Lower Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin), Northeastern Brazil. *Estudos Geológicos*, v. 24(2), p. 15-27.
- Bantin, R.A.M. 2013. Preparação, descrição de um novo crânio de pterossauro (Reptilia, Archosauria) e considerações sobre a morfologia craniana dos Anhangueridae. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 111p.
- Bantin, R.A.; Saraiva, A.A.; Oliveira, G.R. and Sayão, J.M. 2014. A new toothed pterosaur (Pterodactyloidea: Anhangueridae) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, NE Brazil. *Zootaxa*, 3869(3), 201-223.
- Barret, P.M.; Butler, R.J.; Edwards, N.P. and Milner, A.R. 2008. Pterosaur distribution in time and space: an atlas. *Zitteliana*, B 28, p. 61-107.
- Barreto, A.M.F.; Brilha, J.B.; Sales, A.M.F. e Almeida, J.A.C. 2012. Patrimônio paleontológico e geoconservação da Formação Santana: Cretáceo inferior da Bacia do Araripe (Pernambuco e Piauí, nordeste do Brasil). In: *I Congresso Internacional Geociências na CPLP: 240 anos de Geociências na CPLP*. Centro de Geociências e Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra. P. 89-89.
- Barreto, A.M.F.; Oliveira, E.V.; Cassab, R.D.C.T; Duque, R.R.C.; Suserquia, P. and Lira Mota, M.A. 2014. Catálogo do material-tipo da Coleção Paleontológica do Departamento de geologia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. *Estudos Geológicos* v.24 Especial.
- Benton, M.J. 2004. *Vertebrate Paleontology*. Malden: Blackwell Publishing. 472 p.
- Bittencourt, J. de S. and Kellner, A.W.A. 2004. On a sequence of sacrocaudal theropod dinosaur vertebrae from the Lower Cretaceous Santana Formation, northeastern Brazil. *Arquivos do Museu Nacional*. Rio de Janeiro, v. 62, n. 3, p. 309-320.

- Bonaparte, J.F.; Schultz, C.L. and Soares, M.B. 2010. Pterosauria from the Late Triassic of Southern Brazil. In: S. Bandyopadhyay (ed.), *New Aspects Mesozoic Biodiversity, Lecture Notes in Earth Sciences*, 132: 63-71.
- Branner, J.C. 1915. *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro, Francisco Alves e Cia, 396 p.
- Brito, I.M. Chapada do Araripe. 1975. In: BRITO, I. M. *As Bacias Sedimentares do Nordeste do Brasil*, p. 53-57.
- Brito, P.M. and Ferreira, P.L.N. 1989. First Hibodont from Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.61, n.1, p.53-57.
- Brito, P.M. 2000. 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. *Compte Rendus de l'Academie des Sciences, Paris*, 331: 749-754.
- Brito, P.M. and Gallo, V. 2003. A new species of Lepdotes (Neopterygii: Semionotiformes: Semionotidae) from the Santana Formation, Lower Cretaceous of Northeastern Brazil. *Jornal of Vertebrate Paleontology*, 23(1): 47-53.
- Brito, P.M.; Leal, M.E.C. and Gallo, V. 2013. New Lower Cretaceous guitarfish (Chondrichthyes, Batoidea) from the Santana Formation, Northeastern Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia*, 76:1-13.
- Brito, P.M. and Yabumoto, Y. 2011. An updated review of the fish faunas from the Crato and Santana formations in Brazil, a close relationship to the Tethys fauna. *Bulletin Kitakyshu Museum of Natural History, Serie A*, v.9, p. 107-136.
- Broin, F. 2000. The oldest pré-podocnemidid turtle (Chelonii, Pleurodira), from the Early Cretaceous, Ceará State, Brasil and its environment. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 9:43-95.
- Bruno, A.P. e Hessel, M.P. 2006. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 16 (1): 30-49.
- Buissonjé, P.D. 1980. *Santanadactylus brasiliensis* nov.gen., nov.sp., a long necked, large pterosaurier from the aptian of Brazil. 1. Proceedings of the Koninklinjke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen deries B-Palaeontology Geology Physics Chemistry Anthropology, 83(2), 145-157.
- Campos, D.A. 1985. Ocorrência de um novo arcossauro na Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(1): 140-141.
- Campos, D.A. and Kellner, A.W.A. 1985a. Panorama of the flying reptiles study in Brazil and South America (Pterosauria/ Pterodactyloidea/ Anhangueridae), *Anais Acad. Bras. Cienc.* 57, 141-142 e 453-466.
- Campos, D.A. e Kellner, A.W.A. 1985b. Um novo exemplar de *Anhanguera blitterdorffi* (reptilia, Pterosauria) da formação Santana, Cretaceo Inferior do Nordeste do Brasil. In: 9º Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1985. *Boletim de Resumo: 9º Congresso Brasileiro de Paleontologia*. P.13.

- Campos, D.A. and Kellner, A.W.A. 1997. Short note on the first occurrence of Tapejaridae in the Crato member (Aptian), Santana Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Anais-Academias Brasileira de Ciências*, 69, 83-88.
- Carvalho, I.S. and Bertini, R.J. 2000. Contexto geológico dos notossúquios (Crocodylomorpha) cretácicos do Brasil. *Revista Geologia Colombiana*, Bogotá, 25p, 163-184.
- Carvalho, M.M.S. e de SANTOS, M.E.C.M. 2005. Histórico das pesquisas paleontológicas na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*. Rio de Janeiro, v.28, n.1. p. 15-34.
- Carvalho, A.R.de A. e Barreto, A.M.B. 2015. Novos materiais de *Araripemys barreto* da Formação Romualdo (Albiano-Bacia do Araripe), Pernambuco, Brasil. *Estudos Geológicos*, v. 25(1) p. 3-14.
- Carroll, R.L. 1988. *Vertebrate paleontology and evolution*. Freeman.
- Dalla Vecchia, F.M. 1993. *Cearadactylus? Ligabuei* nov. sp., a new early Cretaceous (Aptian) pterosaur from Chapada do Araripe (Northeastern Brazil). *Bollettino della Società paleontologica italiana*, 32(3), 401-409.
- De Buisonjé, P.H., 1980. *Santanadactylus brasiliensis* nov. gen., nov. sp., a long necked, large pterosaur from the Aptian of Brasil, *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Proc B 83, 145-157.
- Duarte, L. 1985. Vegetais fósseis da Chapada do Araripe, Brasil. In: *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*. DNPM, Série Geologia, n. 27, Brasília, p. 585-617.
- Duque, R.R.C.; Silva, M.C.; Nascimento, L.R.S.L.; Oliveira, T.R.S.; Araripe, R.V.C. e Barreto, A.M.F. 2012. Técnica de Preparação de Vertebrados Fósseis em Concreções Calcárias da Formação Santana (Membro Romualdo), Bacia do Araripe. *Paleontologia em Destaque*, Edição Especial, p. 120.
- Elgin, R.A. and Frey, E. 2011. A new ornithocheirid, *Barbosania gracilirostris* gen. et sp. nov. (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Santana Formation (Cretaceous) of NE Brazil. *Swiss Journal of Paleontology*, 130(2), 259.
- Fara, E.; Saraiva, A.A.F.; Campos, D.A.; Moreira, J.K.R.; Siebra, D.C. and Kellner, A.W.A. 2005. Controlled excavations in Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 218: 145-161.
- Fastnacht, M. 2001. First record of *Coloborhynchus* (Pterosauria) from the Santana Formation (Lower Cretaceous) of the Chapada do Araripe, Brazil. *Paläontologische Zeitschrift*, 75 (1): 23-36.
- Figueiredo, F.J. and Gallo, V. 2004. A new teleost fish from the Early Cretaceous of Northeastern Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia*, 73:1-23.
- Freitas, L.C.; Moura, G.J.D. and Saraiva, A.A. 2016. First occurrence and Paleo-Ecological implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of

- the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, n. AHEAD, p. 0-0.
- Frey, E. and Martill, D.M. 1994. A new Pterosaur from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 194: 379-412.
- Frey, E. and Martill, D.M. 1995. A possible oviraptorosaurid theropod from the Santana Formation (Lower Cretaceous, ?Albian) of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, Stuttgart, 7: 397-412.
- Frey, E.; Martill, D.M. and Buchy, M.C. 2003a. A new species of tapejarid pterosaur with soft-tissue head crest. *Geological Society, London, Special Publications*, 217(1), 65-72.
- Frey, E.; Martill, D. M. and Buchy, M.C. 2003b, A new crested ornithocheirid from the Lower Cretaceous of northeastern Brazil and the unusual death of an unusual pterosaur. *Geological Society, London, Special Publications*, 217(1), 55-63.
- Gallo, V.; Figueiredo, F.J. and Azevedo, S.A. 2009. *Santanasalmo elegans* gen. Et sp., a basal euteleostean fish from the Lower Cretaceous of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Research*, 30:1357-1366.
- Gaffney, E.S.; Campos, D.A. and Hirayama R. 2001. *Cearachelys*, a new side-necked turtle (Pelomedusoides; Bothremydidae) from the Early Cretaceous of Brazil. *American Museum Novitates*, New York, n. 3319, 20 p.
- Gaffney, E.S.; Tong, H. and Meylan, P.A. 2006. Evolution of the Side-Necked Turtles: The Families Bothremydidae, Euraxemydidae and Araripemydidae. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 300:1-698.
- Headden, J.A. and Campos, H.B. 2014. An unusual edentulous pterosaur from the Early Cretaceous Romualdo Formation of Brazil. *Historical Biology*, 27(7), 815-826.
- Hirayama, R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature*. London, v. 392 n. 6677, p. 705-708.
- Jordan, D.S. and Branner, J.C. 1908. The Cretaceous fishes of Ceara, Brazil. *Smithsonian Miscellaneous Collection*, v.5, n.1:1-29.
- Kellner, A.W.A. 1984. Ocorrência de uma mandíbula de Pterosauria (*Brasileodactylus araripensis* nov. gen., nov. sp.) na formação Santana. In: *Cretáceo da chapada do Araripe, Ceará-Brasil-XXXIII Anais Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro. Vol. 1984, 578-590.
- Kellner, A.W.A. 1987. Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 59 (3): 219-232.
- Kellner, 1989. A new edentate pterosaur of the Lower Cretaceous from the Araripe Basin, Northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 61: 439-446.
- Kellner, A.W.A. 1990. O mundo deu muitas voltas. *IBM do Brasil*, p. 35-52

- Kellner, A.W.A. 1995. Técnica de preparação para fósseis preservados em rochas calcárias. *A Terra em Revista*, ano I, n.0, p. 24-31.
- Kellner, A.W.A. 1996. Fossilized theropod soft tissue. *Nature*, v. 32, p. 379.
- Kellner, A.W.A. 1999. Short note a new dinosaur (Theropoda, Coelurosauria) from the Santana Formation (Romualdo Member, Albian) northeastern Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova Serie, Rio de Janeiro, Brasil* 49, 1-8.
- Kellner, A.W.A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE – Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. *SIGEP 6 In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBETBORN, M. L. C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP),v. 01, p. 121-130.*
- Kellner, A.W.A. 2003. Pterosaur phylogeny and comments on the evolutionary history of the group. In: Buffetaut, E. e Mazin, JM. (eds). *Evolution and Paleobiology of Pterosaurs. Geological Society, Special Publication*, 217: 105-137.
- Kellner, A.W.A. 2006. Pterossauros, os senhores do céu do Brasil: relato inédito da aventura de importantes descobertas da paleontologia. *Vieira e Lent, Rio de Janeiro*, 175p.
- Kellner, A.W. 2012. A new unusual tapejarid (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 103(3-4), 409-421.
- Kellner, A.W.A. and Campos, D.A. 1994. A new species of Tupuxuara (Pterosauria, Tapejaridae) from the Early Cretaceous of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66(4), 467-474.
- Kellner, A.W.A. and Campos, D.A. 1999. Vertebrate Paleontology in Brazil – a Review. *EPISODES*, 22(3), 238-251.
- Kellner, A.W.A. and Campos, D.A. 2002. The function of the cranial crest and jaws of a unique pterosaur from the Early Cretaceous of Brazil. *Science*, 297(5580), 389-392.
- Kellner, A.W.A. and Campos, D.A. 1996. First Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil with comments on Spinosauridae. *N Jarh Geol Paläeontol A* 199:151-166.
- Kellner, A.W.A. and Tomida, Y., 2000. Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the Pterosaur Fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), Northeastern Brazil. *National Science Museum, Tóquio, Monographs*, 17: 1-135.
- Kellner, A.W.A., et al. 2013. The largest flying reptile Gondwana: a new specimen of *Tropeofnathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (85.1): 113-135.
- Lamm, E.T. 2013. Chapter 4 – Preparation and Sectioning of Specimens. In: Padian, K., Lamm, E.T. (Eds) *Bone Histology of Fossil Tetrapods: Advancing Methods, Analysis and Interpretations. University of California Press, Berkeley* p.55-60.

- Leonardi, G. e Borgomanero, G. 1981. Sobre uma possível ocorrência de *Ornithischia* na Formação Santana, Chapada do Araripe (Ceará). *Revista Brasileira de Geociências*, 11: 1-4.
- Leonardi, G. and Borgomanero, G. 1985. *Cearadactylus atrox* nov. gen., nov. sp.: novo Pterosauria (Pterodactyloidea) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil – Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, Série Geologia: 75-80.
- Mabesoone, J.M. and Tinoco, I.M., 1973. Paleoecology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 14 (2): 87-118.
- Maisey, J.G. (Ed.). 1991. *Santana Fossils: An Illustrated Atlas*. Tropical Fish Hobbyist Publications, New Jersey, USA, p.459.
- Maisey, J.G. 1986. Coelacanth from the lower cretaceous of Brazil. *American Museum Novitates*, New York, nº 2866, p. 1-30.
- Maisey, J.G. 1993. A new Clupeomorph fish from the Santana Formation (Albian) of NE Brazil. *American Museum Novitates*, 3076:1-15.
- Maisey, J.G. 1994. Predator-prey relationships and trophic level reconstruction in a fossil fish community. *Environmental Biology of fishes*, v.40, n. 1, p. 1-22.
- Maldanis, L.; Carvalho, M.; Almeida, M.R.; Freitas, F.I.; de Andrade, J.A.F.G.; Nunes, R.S., Rochitte, C.E.; Poppi, R.J... Siljeström, S, Xavier-Neto, J. 2016. Heart fossilization is possible and informs the evolution of cardiac outflow tract in vertebrates. *Elife*, 5, e14698.
- Martill, D.M. 1988. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Palaeontology*. London, v.31, n. 1, p. 1-18.
- Martill, 2011. A new pterodactyloid pterosaur from the Santana Formation (Cretaceous) of Brazil. *Cretaceous Research*, 32(2), 236-243.
- Martill, D.M.; Cruickshank A.R.I.; Frey E.; Small, P.G. and Clarke, M. 1996. A new crested maniraptoran dinosaur from the Santana Formation (Lower Cretaceous) of Brazil. *J Geol Soc* 153: 5-8.
- Martins Neto, R.G. 1986. *Pricesaurus megalodon* nov. gen. sp. (Pterosauria, Pterodactyloidea), Cretáceo Inferior, Chapada do Araripe (NE-Brasil). *Ciência e Cultura* (suplemento). 38:757.
- Marsh, O.C. 1882. The wings of pterodactylus. *American Journal of Science*, 23:251-256.
- Mawson, J and Woodward, A.S. 1907. On the Cretaceous Formation of Bahia (Brazil), and on vertebrate fossils collected therein. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 63(1-4), 128-NP.
- Naish, D., Martill, D.M. and Frey, E. 2004. Ecology, systematics and biogeographical relationships of dinosaurs, including a new theropod, from the Santana Formation (Albian, Early Cretaceous) of Brazil. *Historical Biology*. 16.2-4: 57-70

- Nobre, G.S. 1978. João da Silva Feijó: um naturalista no Ceará. Gráfica Editorial Cearense, Fortaleza, 256p.
- Oliveira, G.R. 2007. Taphonomical aspects of Testudines from Santana formation (Lower Cretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, rio de Janeiro, v. 30, n.1.
- Pêgas, R.V.; de Castro Leal, M.E. and Kellner, A.W.A. 2016. A basal Tapejarine (Prerosauria; Pterodactyloidea; Tapejaridae) from the Crato Formation, Early Cretaceous of Brazil. *PloS one*, 11(9), e0162692.
- Pinheiro, A.P.; Saraiva, A.A. and Santana, W. 2014. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): new species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86 (2): 663-670.
- Polck, M.A.R.; Carvalho, M.S.S; Miguel, R. and Gallo, V. 2015. Guia de identificação de peixes fósseis das formações Crato e Santana da Bacia do Araripe. Rio de Janeiro, CPRM, 72p.
- Ponte, F.C. e Ponte Filho, F.C. 1996. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. 4. Simpósio sobre o Cratáceo do Brasil, p. 123-133.
- Pough, F.H.; Janis, C.M. e Heiser, J.B. 2003. A vida dos vertebrados. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 699 p.
- Price, L.I. 1955. Novos crocodilídeos dos arenitos da Série Bauru. Cretáceo do Estado de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 27: 487-498
- Price, L.I. 1959. Sobre um crocodilídeo notosúquio do Cretáceo brasileiro. *Boletim Divisão de Geologia e Mineralogia do Rio de Janeiro*, 188: 1-55.
- Price, L.I. 1971. A presença de pterosauria no Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Geociências*, São Paulo, 3 (2): 84-96
- Price, I.L. 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 3:84-96.
- Santos, R.S. 1958. *Leptolepis diasii*, novo peixe fóssil da serra do Araripe. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas preliminares e Estudos*, 108:1-15.
- Santos, R.S. 1968. A paleoictiofauna da Formação Santana – Euselachi. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40(4), 491-497.
- Santos, R.S. 1970. A paleoictiofauna da Formação Santana – Holostei: Família Girodontidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 42(3):445-542.
- Santos, R.S. 1971. Nouveau genre et Espece d'Elopidae du Bassin Sedimentarie de la Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 43(2):439-442
- Santos, R.S. 1985. *Araripichthys castilhoi*, novo gênero e espécie de Teleostei da Formação Santana, Chapada do Araripe, Brasil. In: *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*. DNPM, Brasília, Série Geologia, 27:141-145.

- Santos R.S., 1990. Nova conceituação genérica de *Lepidotes temnurus* Agassiz, 1841 (Pisces - Semionotidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 62 (3): 239-249.
- Saraiva, A.A.F. 2008. Caracterização Paleoambiental e Paleo-Oceanográfica da Formação Romualdo – Bacia Sedimentar do Araripe. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco.
- Sayão, J.M.; Vila Nova, B.C. e Romano, P.S., 2012. Considerações sobre os padrões de distribuição geográfica dos Pterodactyloidea (Archosauria, Pterosauria). In: Valéria Gallo; Hilda M.A. Silva; Paulo M. Brito; Francisco J. de Figueiredo. (Org.). *Paleontologia de Vertebrados: Relações entre América do Sul e África*. Rio de Janeiro: Interciência, v1, p. 281-300.
- Silva Santos, R. 1995. *Santanaichthys*, novo epiteto genérico para *Leptolepis diasii* Silva Santos, 1958 (Pisces, Teleostei) da Formação Santana (Aptiano), Bacia do Araripe, NE do Brasil, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 67:249-258.
- Veldmeijer, A.J. 2003. Description of *Coloborhynchus apielbergi* sp. Nov. (Pterodactyloidea) from the Albion (Lower Cretaceous) of Brazil. *Scripta Geologica*, 125(35), e139.
- Viana, M.S.S. and Neumann, V.H.L. 2002. "Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo." *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*.
- Wellnhofer, P. 1977. Die Pterosaurier. *Naturwissenschaften*, 64(1), 23-29.
- Wellnhofer, P. 1978. *Araripedactylus dehmi* Nov. gen., Nov. sp., ein neuer Flugsaurier aus der Unterkreide Von Brasilian. *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie*, 17: 157 – 167.
- Wellnhofer, P. 1985. Neue Pterosaurier aus der Santana Formation (Apt) der chapada do Araripe, Brasilien. *Paleontographica Abt. A*, 187(4-6): 105-182.
- Wellnhofer, P. 1987. New crested Pterosaurs from the Lower Cretaceous of Brazil. *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. Hist. Geol.*, 27: 175-186.
- Wellnhofer, P. 1991a. The illustred encyclopedia of pterosaurs. Salamander Books Ltd, Londres. 192p.
- Wenz, S. 1989. *Iemanjá palma* n.g.,n.sp., Gyrodontidae nouveau (Pisces, Actinopterygii) du Crétacé Inférieur de la Chapada do Araripe (N.E. du Brésil). *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*, 308(2):975-980.
- Wenz, S. & Brito, P.M. 1992. Première découverte de Lepisosteidae (Pisces, Actinopterygii) dans le Crétacé Inférieur de la Chapada do Araripe (NE. Du Brésil). Conséquences sur la phylogénie des Ginglymodi. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*, 314(2):1519-1525.
- Wenz, S. e Kellner, A.W.A. 1986. 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). *Buletin du Museum National d'Histoire Naturelle*, 4(8C):77-88.

- Wilby, P.R. and Martill, D.M. 1992. Fossil fish stomachs: A microenvironment for exceptional preservation. *Historical Biology: An international Journal of Paleobiology*, 6:1, 25-36.
- Witton, M.P. 2008. A new azhdarchoid pterosaur from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian?) of Brazil. *Palaeontology*, 51(6), 1289-1300.
- Witton, M.P. 2009. A new species of *Tupuxuara* (Thalassodromidae, Azhdarchoidea) from the Lower Cretaceous Santana Formation of Brazil, with a note on the nomenclature of Thalassodromidae. *Cretaceous Research*, 30(5), 1293-1300.
- Witton, M.P. 2013. *Pterosaurs: natural history, evolution, anatomy*. Princeton University Press, Oxfordshire, 291 p.
- Yabumoto, Y. 2002. A new coelacanth from the Early Cretaceous of Brazil (Sarcopterygii, Actinistia). *Paleontological Research*. Tokyo, vol. 6, n. 4, p. 343-350.
- Zittel, K.A. 1882. Über Flugsaurier aus dem lithographischen Schiefer Bayerns. *Paläontographica*. 29: 47-48

APÊNDICE – NÚMEROS DE TOMBO

Espécie *Araripelepidotes temmurus* Santos, 1990

Ocorrência: Sítio Zé Gomes.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8451.

Espécie *Neoprosclinetes penalvai* Santos, 1970

Ocorrência: Sítio Zé Gomes e Sítio Cedro.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8252; DGEO-CTG-UFPE 8269; DGEO-CTG-UFPE 8291; DGEO-CTG-UFPE 8443; DGEO-CTG-UFPE 8320; DGEO-CTG-UFPE 8372; DGEO-CTG-UFPE 8354.

Espécie *Calamopleurus cylindricus* Agassiz, 1841

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro, Sítio Santo Antônio e Sítio Saudade.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8259; DGEO-CTG-UFPE 8275; DGEO-CTG-UFPE 8285; DGEO-CTG-UFPE 8303; DGEO-CTG-UFPE 8308; DGEO-CTG-UFPE 8322; DGEO-CTG-UFPE 8337; DGEO-CTG-UFPE 8346; DGEO-CTG-UFPE 8353; DGEO-CTG-UFPE 8361; DGEO-CTG-UFPE 8387; DGEO-CTG-UFPE 346; DGEO-CTG-UFPE 347; DGEO-CTG-UFPE 8377; DGEO-CTG-UFPE 8378; DGEO-CTG-UFPE 409; DGEO-CTG-UFPE 414.

Espécie *Vinctifer comptoni* Agassiz, 1841

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro, Sítio Santo Antônio, Sítio Saudade, Sítio Gameleira, Sítio Marçal, Sítio Jucá e Sítio Viração.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 276; DGEO-CTG-UFPE 277; DGEO-CTG-UFPE 279; DGEO-CTG-UFPE 280; DGEO-CTG-UFPE 281; DGEO-CTG-UFPE 282; DGEO-CTG-UFPE 300; DGEO-CTG-UFPE 7649; DGEO-CTG-UFPE 8254; DGEO-CTG-UFPE 8264; DGEO-CTG-UFPE 8280; DGEO-CTG-UFPE 8440; DGEO-CTG-UFPE 8445; DGEO-CTG-UFPE 8449; DGEO-CTG-UFPE 8450; DGEO-CTG-UFPE 8452; DGEO-CTG-UFPE 8453; DGEO-CTG-UFPE 8455; DGEO-CTG-UFPE 8326; DGEO-CTG-UFPE 8331; DGEO-CTG-UFPE 8937; DGEO-CTG-UFPE 8941; DGEO-CTG-UFPE 311; DGEO-CTG-UFPE 312; DGEO-CTG-UFPE 313; DGEO-CTG-UFPE 314; DGEO-CTG-UFPE DGEO-CTG-UFPE 315; DGEO-CTG-UFPE 316; DGEO-CTG-UFPE 317; DGEO-CTG-UFPE 318; DGEO-CTG-UFPE 420; DGEO-CTG-UFPE 421; DGEO-CTG-UFPE 424; DGEO-CTG-UFPE 7661; DGEO-CTG-UFPE 7664; DGEO-CTG-UFPE 7665; DGEO-CTG-UFPE 7666; DGEO-CTG-UFPE 7667.

Espécie *Cladocyclus gardneri* Agassiz, 1841

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro, Sítio Santo Antônio, Sítio Saudade Sítio Marçal e Sítio Viração.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 373; DGEO-CTG-UFPE 377; DGEO-CTG-UFPE 8253; DGEO-CTG-UFPE 8790; DGEO-CTG-UFPE 8350; DGEO-CTG-UFPE 7684; DGEO-CTG-UFPE 370; DGEO-CTG-UFPE 376; DGEO-CTG-UFPE 380.

Espécie *Brannerion sp.*

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro, Sítio Santo Antônio, Sítio Saudade e Sítio Marçal.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 352; DGEO-CTG-UFPE 353; DGEO-CTG-UFPE 410; DGEO-CTG-UFPE 7647; DGEO-CTG-UFPE 7668; DGEO-CTG-UFPE 8289; DGEO-CTG-UFPE 8441; DGEO-CTG-UFPE 7655; DGEO-CTG-UFPE 8301; DGEO-CTG-UFPE 8469; DGEO-CTG-UFPE 8935; DGEO-CTG-UFPE 8936; DGEO-CTG-UFPE 355; DGEO-CTG-UFPE 357; DGEO-CTG-UFPE 358; DGEO-CTG-UFPE 7663.

Espécie *Paraelops cearenses* Santos, 1971

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Santo Antônio e Sítio Saudade.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8294; DGEO-CTG-UFPE 8938; DGEO-CTG-UFPE 359.

Espécie *Rhacolepis buccalis* Agassiz, 1841

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro, Sítio Santo Antônio, Sítio Saudade, Sítio Gameleira, Sítio Marçal e Sítio Viração.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 413; DGEO-CTG-UFPE 8255; DGEO-CTG-UFPE 8279; DGEO-CTG-UFPE 8286; DGEO-CTG-UFPE 8287; DGEO-CTG-UFPE 8292; DGEO-CTG-UFPE 8442; DGEO-CTG-UFPE 8295; DGEO-CTG-UFPE 8297; DGEO-CTG-UFPE 8302; DGEO-CTG-UFPE 8309; DGEO-CTG-UFPE 8336; DGEO-CTG-UFPE 8369; DGEO-CTG-UFPE 8380; DGEO-CTG-UFPE 320; DGEO-CTG-UFPE 321; DGEO-CTG-UFPE 329; DGEO-CTG-UFPE 415; DGEO-CTG-UFPE 416; DGEO-CTG-UFPE 7681; DGEO-CTG-UFPE 8163.

Espécie *Notelops brama* Agassiz, 1841

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro e Sítio Santo Antônio.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8446; DGEO-CTG-UFPE 8468; DGEO-CTG-UFPE 8939.

Coorte *Clupeccephala indet.*

Ocorrência: Sítio Zé Gomes e Sítio Cedro.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 7642; DGEO-CTG-UFPE 7652; DGEO-CTG-UFPE 8457; DGEO-CTG-UFPE 8458; DGEO-CTG-UFPE 8459; DGEO-CTG-UFPE 8460; DGEO-CTG-UFPE 8300; DGEO-CTG-UFPE 8461; DGEO-CTG-UFPE 8462; DGEO-CTG-UFPE 8463. DGEO-CTG-UFPE 8464.

Espécie *Beurlenichthys ouricuriensis* Figueiredo & Gallo, 2004

Ocorrência: Sítio Cedro.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8465.

Espécie *Tharrhias araripis* Jordan & Branner, 1908

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Cedro, Sítio Santo Antônio, Sítio Saudade, Sítio Gameleira, Sítio Marçal e Sítio Jucá.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8439; DGEO-CTG-UFPE 8444; DGEO-CTG-UFPE 8447; DGEO-CTG-UFPE 8448; DGEO-CTG-UFPE 8454; DGEO-CTG-UFPE 8305; DGEO-CTG-UFPE 8325; DGEO-CTG-UFPE 8467; DGEO-CTG-UFPE 8934; DGEO-CTG-UFPE 7658; DGEO-CTG-UFPE 8161.

Espécie *Mawsonia gigas* Woodward in Mawson & Woodward 1907

Ocorrência: Sítio Zé Gomes, Sítio Santo Antônio e Sítio Saudade.

Materiais: DGEO-CTG-UFPE 8268; DGEO-CTG-UFPE 8456; DGEO-CTG-UFPE 8940; DGEO-CTG-UFPE 8933.

Ordem Testudines *indet.* Linnaeus, 1758

Ocorrência: Sítio Zé Gomes e Sítio Marçal

Material: DGEO-CTG-UFPE 8470; DGEO-CTG-UFPE 8932.

Anhangueridae *indet.* Campos & Kellner 1985

Ocorrência: Sítio Zé Gomes

Material: DGEO-CTG-UFPE 7516 (ulna).

Pteranodontoidea *indet.* sensu Kellner 2003

Ocorrência: Sítio Zé Gomes e Sítio Cedro.

Material: DGEO-CTG-UFPE 7781 (falanges); DGEO-CTG-UFPE 8283 (rosto).