

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DE PENAS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO CRATO,
CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE**

THALES HENRIQUE MENEZES SILVA DO NASCIMENTO

RECIFE

2020

**IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DE PENAS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO CRATO,
CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE**

Monografia apresentada ao
Curso de Bacharelado em Ciências
Biológicas da Universidade Federal
Rural de Pernambuco (UFRPE) como
requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas.
Orientador: Gustavo Ribeiro de Oliveira

RECIFE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N244i Nascimento, Thales Henrique Menezes Silva
Identificação e descrição de penas fósseis da Formação Crato, Cretáceo inferior da Bacia do Araripe / Thales Henrique Menezes Silva Nascimento. - 2019.
23 f. : il.
- Orientador: Gustavo Ribeiro de Oliveira.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2022.
1. Pena fóssil. 2. Formação Crato. 3. Bacia do Araripe. 4. Aptiano. 5. Cretáceo inferior. I. Oliveira, Gustavo Ribeiro de, orient. II. Título

THALES HENRIQUE MENEZES SILVA DO NASCIMENTO

**IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DE PENAS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO CRATO,
CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE**

Comissão Avaliadora:

Profº Drº Gustavo Ribeiro de Oliveira – UFRPE

Orientador

MSc. Mariana Valéria de Araújo Sena – (UFPE)

Titular

MSc. Isa Marielle Coutinho – PPGEOC (UFPE)

Titular

MSc. Natália Ferreira dos Santos (UFRPE)

Suplente

RECIFE

2020

AGRADECIMENTOS

A painho, mainha, minhas irmãs e familiares, amigos (aos que estão aqui e aos que infelizmente já se foram) e todos que me ajudaram, acreditaram e tiveram paciência comigo durante toda minha vida. Ao meu orientador, mesmo com toda a demora e mesmo eu sendo uma barrigada perdida. A todos do LAPASI e agregados, que me cobraram bastante e tornaram mais fácil a jornada para fazer este trabalho. A equipe do LPU no Crato e do MPSC em Santana do Cariri por fornecerem além do material para pesquisa uma parceria indispensável para a execução do trabalho. A UFRPE por tornar possível a minha graduação.

Agradeço também aos dinossauros que perderam as penas para que elas tenham sido fossilizadas e me permitissem fazer este trabalho.

SUMÁRIO

1.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.	INTRODUÇÃO.....	7
2.1	Objetivos.....	7
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
3.1	Penas.....	8
3.1.1	Penas de Contorno.....	9
3.1.2	Semiplumas.....	9
3.1.3	Plumas.....	9
3.1.4	Filoplumas.....	9
3.1.5	Cerdas.....	9
3.2	Geologia.....	9
4.	METODOLOGIA.....	11
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

Lista de abreviações institucionais, siglas e símbolos

MPSC - Museu de Paleontologia de Santana do Cariri (Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens)

LPU - Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri

URCA - Universidade Regional do Cariri

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO

O Presente trabalho trata da identificação e descrição de 14 penas fósseis provenientes da Formação Crato e depositadas nas coleções da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife, Pernambuco; no Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, na cidade de Santana do Cariri; e na Universidade Regional do Cariri, na cidade do Crato, ambas no Ceará. Destas, 6 são penas de contorno; 5 plumas; e 3 semiplumas. Ampliando ainda mais a ocorrência deste tipo de fósseis para a região da Bacia do Araripe.

Palavras-chave: Aptiano, Bacia do Araripe, Cretáceo inferior, Formação Crato, Pena, Fóssil

ABSTRACT

This paper deals with the identification and description of 14 fossil feathers from Crato Formation and deposited in the collections of the Federal Rural University of Pernambuco in Recife, Pernambuco; at the Placido City Clouds Paleontology Museum, in the city of Santana do Cariri; and at the Regional University of Cariri, in the city of Crato, both in Ceará. Of these, 6 are contour feathers; 5 down feathers; and 3 semiplumes. Further expanding the occurrence of this type of fossils to the Araripe Basin region.

Keywords: Aptian, Araripe Basin, Crato Formation, Early Cretaceous, Feather, Fossil

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Bacia do Araripe está localizada entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, sendo a maior bacia sedimentar do interior do Nordeste brasileiro (Assine, 1992). Possui uma importância devido a sua excepcional preservação, diversidade e grande quantidade de fósseis, tendo duas de suas formações, a Crato e a Romualdo, consideradas de assembleias *fossil-lagerstätten* (Kellner, 1998; Saraiva et al., 2013). Sua área de ocorrência não se limita a sua principal feição geomorfológica, que é a Chapada do Araripe e estende-se também pelo Vale do Cariri em um total de aproximadamente 9.000 km² (Assine, 2007; Valença, et al., 2003). A formação desta Bacia está intimamente ligada a abertura do oceano Atlântico (Valença et al., 2003).

Na Bacia do Araripe está localizada a Formação Crato, que consiste em calcários laminados de origem lacustre (Assine et al., 2014) sendo amplamente explorada comercialmente, devido a lajotas com valor decorativo popularmente chamadas de Pedra Cariri. Na Formação Crato também encontram-se com abundância restos de peixes, pterossauros, lagartos, crocodilomorfos, tartarugas, penas, anfíbios anuros e aves, alguns destes contendo impressão de tecido mole (Sayão et al 2015).

Dentre os fósseis encontrados nesta formação, as penas estão entre os mais raros, pois é necessário um ambiente muito específico para que tal estrutura tão delicada se preserve, tendo sido

encontrados apenas alguns exemplares isolados e apenas um com esqueleto associado (Kellner, 1998, 2002; Sayão et al 2011, 2015; Carvalho et al 2015a,b; Prado et al 2016).

As penas são estruturas presentes em dinossauros terópodes (Sayão et al., 2011; Prado et al., 2016), alguns dinossauros Ornitíscios (Persons & Currie, 2015) e possivelmente em outros arcossauros (Yang et al., 2019). Estas estruturas apresentam grande complexidade e diversidade morfológica funcional (Sayão et al., 2011; Prado et al., 2016), sendo as mais complexas entre este tipo de apêndice tegumentar em vertebrados (Prum & Brush, 2002; Sayão et al., 2011) e são derivadas das escamas e possuem características de origem embrionárias semelhantes. Atualmente elas se dividem em cinco tipos principais: penas de contorno, semiplumas, plumas, filoplumas e cerdas (Prum & Brush, 2002), além destes tipos, há também outros tipos de penas que não encontram-se presentes nas espécies de dinossauros atuais (Prum & Brush, 2002).

2. INTRODUÇÃO

Sendo considerado como um dos depósitos fossilíferos mais importantes do Brasil, o Grupo Santana da Bacia do Araripe, possui um tipo de rocha sedimentar, o calcário laminado. Este tipo de rocha é formado pela deposição de partículas extremamente finas de sedimento e junto com a pouca turbulência e oxigenação da água onde se formaram, conseguem preservar detalhes microscópicos do material biológico que se deposita junto com o sedimento. Estas rochas estão compreendidas em uma formação chamada de Formação Crato e preservam fósseis de forma excepcional e em grande quantidade de exemplares, sendo considerada uma assembléia *Fossil-lagerstätte* (Kellner 1998).

Dentre estes fósseis são encontrados um tipo bastante incomum, até mesmo nesse tipo de assembléia fossilífera, as penas. As penas são estruturas tegumentares bastante complexas, presentes nos vertebrados, mais especificamente em dinossauros, sendo ainda encontrados hoje em dia apenas nas aves (Prum & Brush 2002). Devido a este fato de extrema complexidade, elas possuem uma grande variedade de formas e funções, que vão de regulação térmica, display sexual, camuflagem até o que é mais comumente associado a elas hoje em dia que é o vôo das aves.

No presente estudo serão identificadas e descritas 14 exemplares de penas provenientes da Formação Crato da Bacia do Araripe. Algumas tiveram que ser preparadas mecanicamente para uma

melhor visualização e identificação, se enquadrando nas categorias de plumas, penas de contorno e semiplumas, aumentando, consideravelmente, o registro dessas estruturas tegumentares para a formação.

2.1 OBJETIVOS

Identificar e descrever exemplares de penas fósseis provenientes da Formação Crato, Grupo Santana da Bacia do Araripe, visando ampliar o conhecimento acerca dos fósseis deste grupo.

- Descrição morfológica e identificação dos exemplares que foram preparados e estão depositados nas coleções paleontológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE 5019 e UFRPE 5113), do Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens (MPSC PN 1117, MPSC PN 1233, MPSC PN 1286, MPSC PN 2382 e MPSC PN 2383), do Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri (07 exemplares, ainda não catalogados).
- Através das partes preservadas, fazer inferências por intermédio de comparação com outros exemplares fósseis e viventes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PENAS

As penas, que antes pensava-se serem característica exclusiva de Aves, são estruturas tegumentares que também estão presentes em outros dinossauros terópodes (Sayão et al., 2011; Prado et al., 2016), em alguns dinossauros Ornitíscios (Persons & Currie, 2015) e até possivelmente em outros arcossauros (Yang et al., 2019). Estas estruturas apresentam grande complexidade e diversidade morfológica funcional (Sayão et al., 2011; Prado et al., 2016), sendo os apêndices tegumentares de maior complexidade entre os vertebrados (Prum & Brush, 2002). A raridade desse tipo de fóssil vem do fato que as penas são estruturas bastante delicadas e de difícil fossilização, tendo sido registrados alguns exemplares no território brasileiro (Kellner, 1998, 2002; Sayão et al., 2011, 2015; Prado et al., 2016), a maioria proveniente da Bacia do Araripe, de onde, também, é proveniente

o único registro de ave fóssil do Mesozoico, com penas associadas, do Brasil (Carvalho et al., 2015a,b; Sayão et al., 2015). Mesmo no mundo este tipo de fóssil não é facilmente encontrado, não possuindo mais que 50 depósitos fossilíferos que os contenham (Kellner, 2002). O estudo deste tipo de fóssil é bastante importante, pois nos conta muito da morfologia e pode nos permitir fazer inferências sobre a biologia do animal que a possuiu e como sobre o paleoambiente em que o animal a qual ela pertencia vivia.

As penas são derivadas das escamas e possuem características de origem embrionárias semelhantes. Atualmente elas se dividem em cinco tipos principais: penas de contorno, semiplumas, plumas, filoplumas e cerdas (Prum & Brush, 2002), além destes tipos, há também outros tipos de penas que não encontram-se presentes nas espécies atuais (Prum & Brush, 2002).

3.1.1 PENAS DE CONTORNO

São as penas que geralmente estão mais visíveis, dão a forma externa do corpo e podem ter formato assimétrico para proporcionar o vôo no caso das remiges e retrizes. Possuem um raque com barbas e bárbulas. Em suas bárbulas, existem pequenos ganchos que dão firmeza e maior rigidez a pena chamadas de hamuli.

3.1.2 SEMIPLUMAS

Penas de características intermediárias entre as plumas e as penas de contorno, possuindo a base igual a uma pluma e o ápice como o de uma pena de contorno.

3.1.3 PLUMAS

São penas com função de termorregulação e geralmente estão presentes abaixo da camada de penas de contorno em animais adultos e no corpo todo dos juvenis e neonatos. Possuem apenas barbas e bárbulas.

3.1.4 FILOPLUMAS

São penas alongadas com um raque grande e barbas e bárbulas apenas na sua extremidade final. Possuem funções sensoriais.

3.1.5 CERDAS

Penas alongadas e finas, constituídas na maioria das vezes de apenas um único e longo filamento. Possuem função sensorial e de proteção e estão presentes geralmente em áreas sensíveis como em partes da cabeça.

3.2 GEOLOGIA

A Bacia do Araripe está localizada entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, tendo sua área de ocorrência não limitada a sua feição geomorfológica principal, à Chapada do Araripe e estendendo-se também pelo Vale do Cariri em um total de aproximadamente 9.000 km² (Assine 2007; Valença, et al. 2003). Ao lado de alguns invertebrados e plantas, os fósseis mais comuns no Araripe são os peixes. Embora comparativamente a esse grupo sejam bem mais raros, os répteis são o segundo grupo de vertebrados melhor representado, enquanto que os anfíbios possuem alguns poucos exemplares e as aves apenas dois exemplares (Sayão, et al, 2015; Saraiva, et al, 2013; Carvalho, et al, 2015a,b). Dentro da bacia estão duas das mais importantes formações do Brasil, as formações Crato e Romualdo do Grupo Santana (Kellner, 1998; Saraiva, et al, 2013). Consideradas assembleias *Fossil-lagerstätten* (Fara, et al, 2005), são famosas mundialmente pela qualidade e quantidade de seus fósseis. Muitas são as propostas estratigráficas apresentadas para a Bacia do Araripe, a utilizada neste trabalho será a elaborada por Assine et al (2014). A Formação Crato, em termos de vertebrados fósseis, é comparativamente menos diversificada que a Formação Romualdo, no entanto, todos os exemplares deste estudo provém dela. Na Formação Crato também encontram-se com abundância restos de peixes, pterossauros, lagartos, contendo impressão de tecido mole, crocodilomorfos, tartarugas, penas, anfíbios anuros e aves (Sayão et al 2015). É constituída por calcários laminados de origem lacustre (Assine et al 2014) e é amplamente explorada comercialmente, devido a possibilidade da extração de lajotas com valor decorativo (Pedra Cariri).

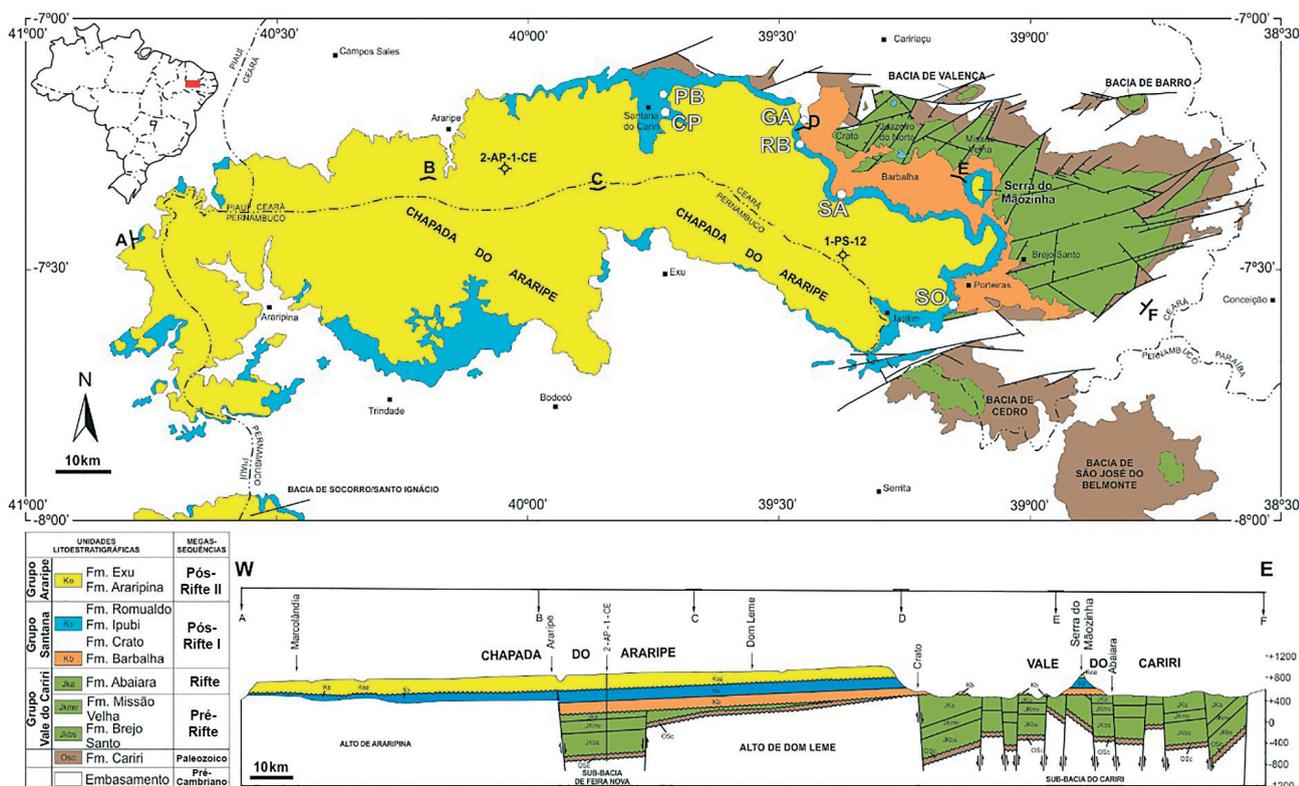


Figura 01: Mapa de localização da Bacia do Araripe, onde foram coletados os fósseis analisados neste projeto. As rochas do Grupo Santana estão representadas no mapa pela cor azul. Retirado de Assine et al (2014).

4. METODOLOGIA

Devido a sua estrutura delicada, seus elementos são dificilmente preservados, restando apenas uma impressão na rocha, os espécimes utilizados nesta pesquisa (UFRPE 5019, UFRPE 5113, MPSC PN 1117, MPSC PN 1233, MPSC PN 1286, MPSC PN 2382 e MPSC PN 2383; e os sete exemplares não catalogados ainda, mas para este estudo provisoriamente identificados pela sigla da instituição e um número sequencial, foram preparados de forma cuidadosa. As técnicas utilizadas seguiram a metodologia proposta por May et al. (1994), com o uso de pequenas ponteiras, agulhas e lupa estereoscópica para melhor visualização durante preparação e possibilitar a comparação das estruturas. Quando necessária uma proteção maior, os fósseis são protegidos com uma fina camada de resina metacrílica (Paraloid B72, concentração entre 2 e 5%), dissolvida em acetona.

Depois de devidamente preparados, os exemplares serão medidos e identificados de acordo com a sua estrutura morfológica e função.



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido às muitas funções e formas, as penas atuais são classificadas em cinco categorias, penas de contorno, semiplumas, plumas, filoplumas e cerdas (Sayão et al 2011). Trabalhos anteriores descrevem para Formação Crato, todas as cinco categorias de penas (Prado et al 2016).

Os exemplares pertencentes à Coleção de Paleontologia da UFRPE, ao Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens e ao Laboratório de Paleontologia da URCA, somam para este trabalho 14 espécimes. Os exemplares pertencentes a URCA foram trazidos para estudo por meio de empréstimo, e os do Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens foram analisados no museu, pois devido ao fato de serem material utilizado na exposição e da possibilidade da análise no próprio museu, não houve necessidade de retirá-los do local. Alguns dos exemplares emprestados da URCA foram de preparados mecanicamente para revelar e melhorar a visualização das estruturas.

Na análise dos exemplares, foi verificada a presença de barbas e bárbulas nas penas, além do padrão de cores em dois dos exemplares. Este fato pode permitir em estudos futuros a verificação ou não da presença de melanócitos na pena, podendo revelar a cor real dessas estruturas em vida. Tal fato ocorre pela excepcional preservação pela qual elas passaram.

As medidas dos espécimes estão representadas no Quadro 01, onde também está informado qual o tipo de cada pena.

Quadro 01: Medidas dos espécimes analisados.

Espécime	Tipo de Pena	Largura	Comprimento
UFRPE 5019	Contorno	7,24mm	14,86mm
UFRPE 5113 AB	Contorno	14,44mm	19,96mm
MPSC PN 1117	Pluma	6,95mm	15,25mm
MPSC PN 1233	Semipluma	6,55mm	15,69mm
MPSC PN 1286 AB	Semipluma	6,61mm	12,65mm
MPSC PN 2382	Contorno	5,70mm	19,40mm
MPSC PN 2383	Pluma	9,28mm	9,72mm

URCA 1 AB	Contorno	9,25mm	18,50mm
URCA 2 AB	Pluma	13,20mm	13,20mm
URCA 3	Pluma	5,98mm	7,85mm
URCA 4 AB	Semipluma	4,82mm	22,85mm
URCA 5	Contorno	7,06mm	17,34mm
URCA 6	Contorno	8,93mm	19,38mm
URCA 7 AB	Pluma	9,11mm	15,38mm

Com a análise dos exemplares, foram constatadas também as seguintes informações:

Nos exemplares depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE foi observada uma excelente preservação.

UFRPE 5019 consiste de uma pena de contorno bem preservada, tendo como principal função cobrir o corpo do animal, foi preservada apresentando raque, barbas e bárbulas. UFRPE 5113 consiste de duas partes, ambas com a impressão da pena. É uma pena de contorno e possui uma boa preservação, apresentando raque, barbas e bárbulas bem preservados. Como visto na figura a seguir.

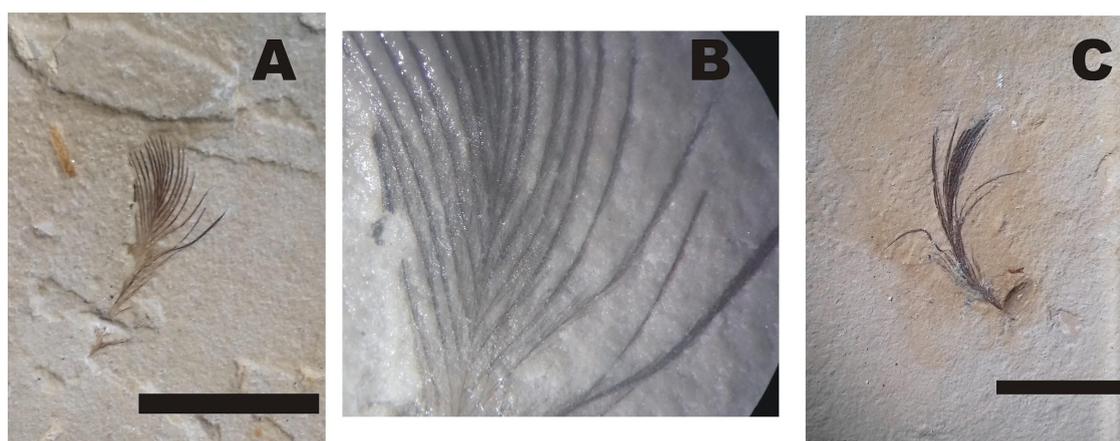


Figura 02: A- UFRPE 5019 ; B- detalhe de UFRPE 5019 mostrando as barbas e bárbulas, sem escala; C- UFRPE 5113.
Escala 1mm.

Os espécimes do Museu de Paleontologia de Santana do Cariri foram examinados durante a visita ao museu, pois consistem do material em exposição ao público.

MPSC PN 1117 consiste de uma pluma com boa preservação, apresentando a preservação de uma pequena raque, barbas, bárbulas e do cálam. MPSC PN 1233 consiste de uma semipluma, que apresenta características intermediárias entre uma pena de contorno e uma pluma, com boa preservação apresenta raque e barbas mas não foi possível a visualização das bárbulas. MPSC PN 1286 consiste de duas partes com a impressão em ambas com uma semipluma bem preservada apresentando raque, barbas, bárbulas e uma parte do cálam. MPSC PN 2382 consiste de uma pena de contorno bem preservada, com todas as estruturas como a raque, as barbas e bárbulas bem visíveis e com a preservação do padrão de cores, representado por faixas intercaladas de claro e escuro. MPSC PN 2383 consiste de uma pluma com boa preservação apresentando uma pequena raque, barba, bárbulas e uma parte do cálam.

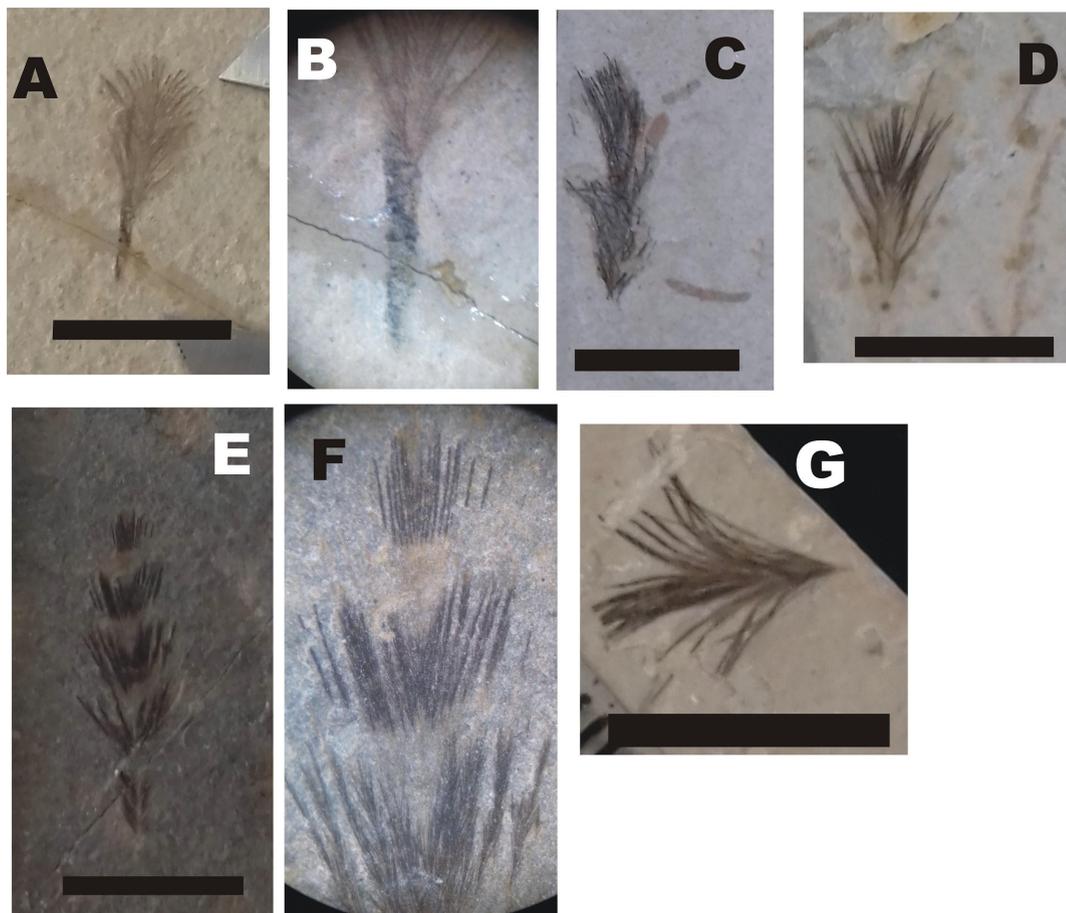


Figura 03: A- MPSC PN 1117; B- detalhe de MPSC PN 1117 mostrando o cálam, sem escala; C- MPSC PN 1233; D- MPSC PN 1286; E- MPSC PN 2382; F- detalhe de MPSC PN 2382 mostrando o padrão de cores preservado, sem escala ; G- MPSC PN 2383; Museu de Paleontologia de Santana do Cariri. Escala 1mm.

Os exemplares do Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri ainda sem número de tombo, por este motivo foram identificadas provisoriamente pela sigla da instituição e um número sequencial.

URCA 1 consiste de duas partes com impressão de uma pena de contorno com boa preservação e apresenta a raque, barba, bárbulas e cálamo. URCA 2 consiste de duas partes com a impressão de uma pluma com a preservação de uma pequena raque, barbas, bárbulas, e cálamo . URCA 3 consiste de uma pluma com boa preservação apresentando uma pequena raque, barba, bárbulas, e cálamo. URCA 4 consiste de duas partes com a impressão de uma semipluma, sendo uma das partes com apenas um pedaço da impressão e a outra com a maior parte, apesar da preservação não ser tão boa quanto as outras penas e do fato da preparação não ter sido própria, foi possível visualizar partes da raque, barbas e bárbulas. URCA 5 consiste em uma pena de contorno onde foram identificadas a presença da raque, barbas e bárbulas. URCA 6 consiste em uma placa com duas impressões de pena, uma muito desgastada da qual não foi possível extrair dados, devido a pouca preservação e estar praticamente apagada e outra em ótimo estado de preservação, esta, uma pena de contorno com raque, barba e bárbulas, não foi possível visualizar cálamo, pois necessita de uma preparação mais completa. Apresenta também um padrão de cores com faixas claras e escuras intercaladas. URCA 7 consiste de duas parte com a impressão de uma pluma bem preservada com uma pequena raque, barbas, bárbulas e não foi possível verificar se há cálamo pois necessita de uma melhor preparação.

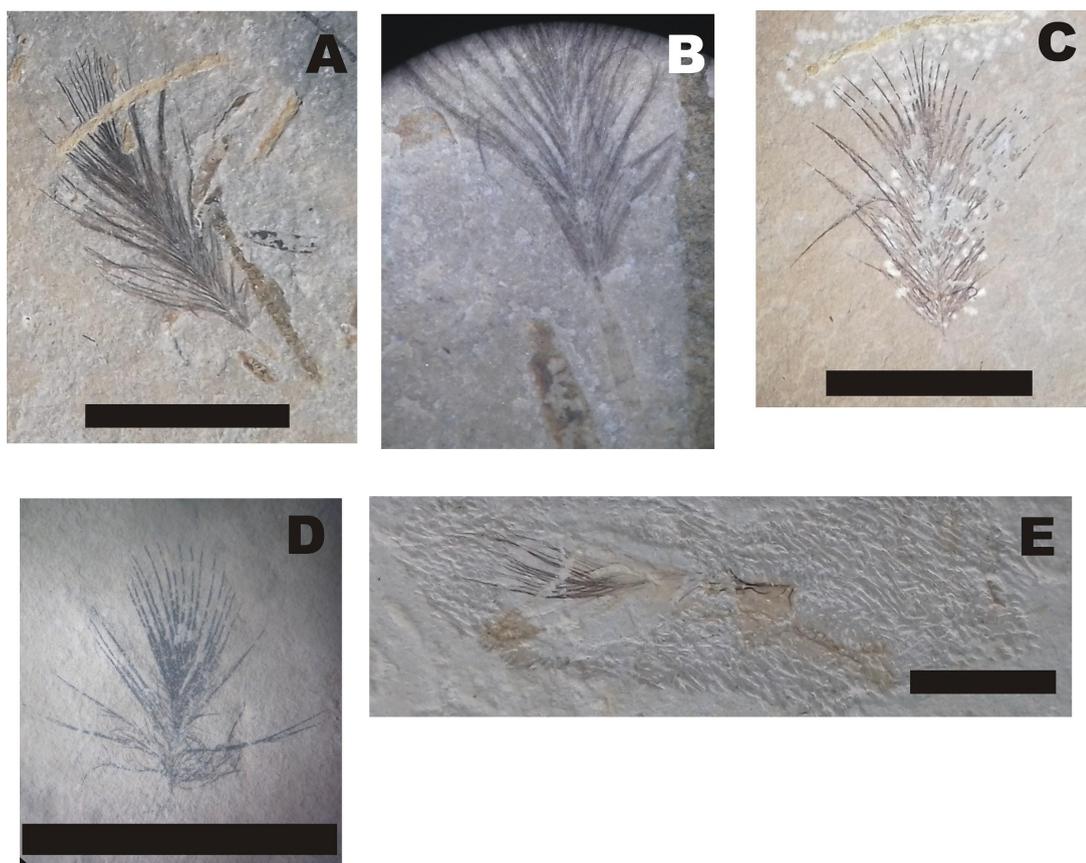


Figura 04: A- URCA 1; B- detalhe de URCA 1 mostrando o cálamo, barbas e bárbulas, sem escala ; C- URCA 2; D- URCA 3; E- URCA 4; Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri. Escala 1mm.

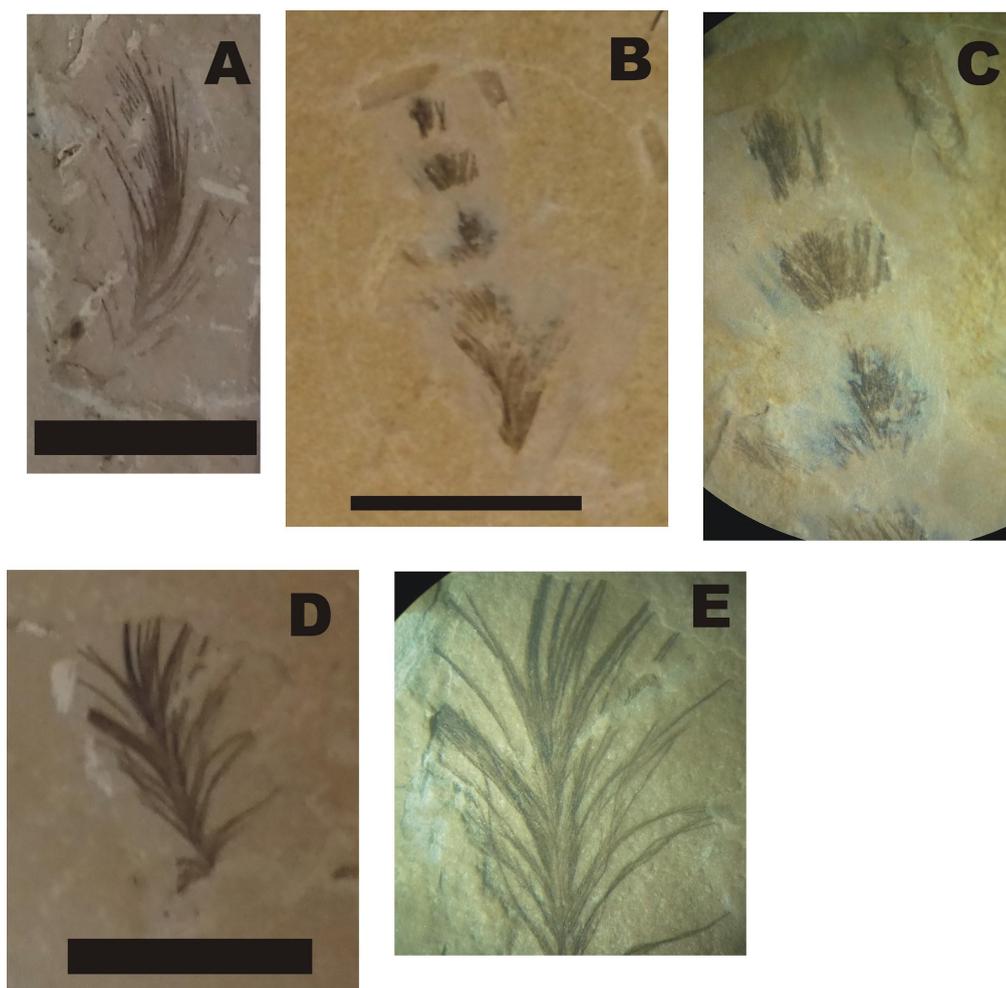


Figura 05: A- URCA 5; B- URCA 6; C- Detalhe de URCA 6 mostrando o padrão de cores preservado, sem escala ; D- URCA 7; E- detalhe de URCA 7 mostrando as barbas e bárbulas, sem escala; penas da coleção do Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri. Escala 1mm.

Após as análise e medições das penas, foi inferida a provável localização das penas no corpo do animal ao qual pertenciam, como mostrado na imagem a seguir.

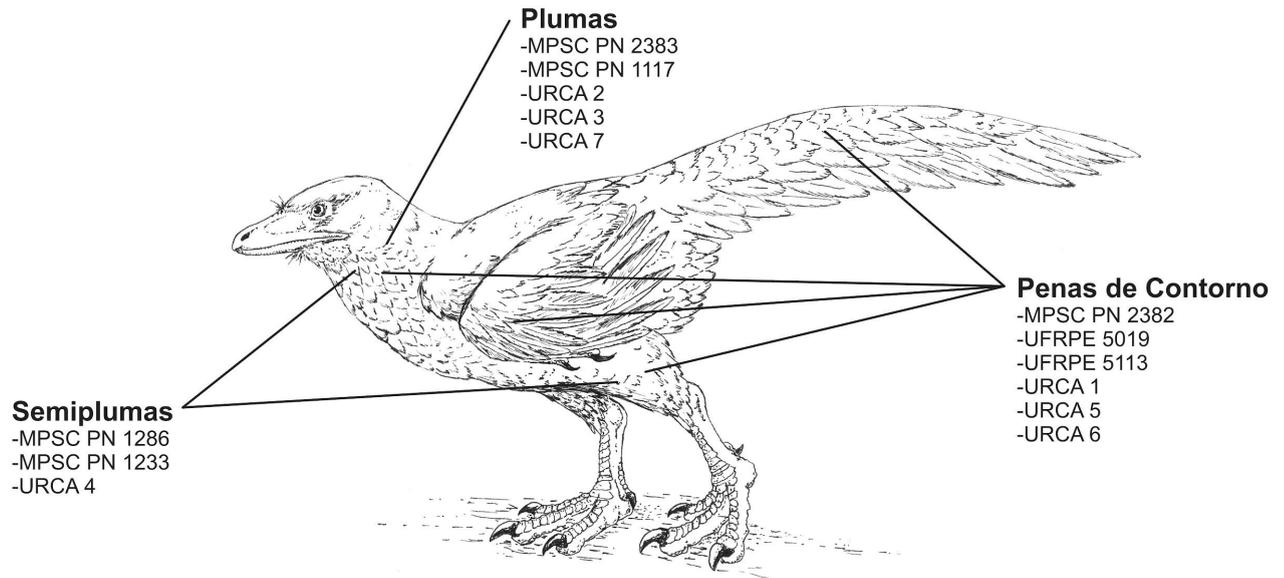


Figura 06: Terópode hipotético mostrando a localização das penas utilizadas no estudo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos dados coletados, é ampliada o registro de ocorrência de penas fósseis no Araripe, permitindo uma melhor inferência sobre os hábitos e a aparência dos dinossauros, avianos ou não, que habitavam a região da Formação Crato.

O registro deste tipo de fóssil bastante raro, também reforça a classificação de *fossil-lagerstätten* para a Formação Crato. Também são trazidas informações sobre o registro destas estruturas e delas estarem presentes nos animais que viveram neste paleoambiente, confirmando que a diversidade de dinossauros desta região na época era maior do que o registrado em fósseis somáticos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. Boletim de Geociências 15: 371–389.

Assine, M.L.; Perinotto J.A.J.; Custodio, 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. Petrobrás, 22: 3-28.

Carvalho, I.S, Novas F.E; Agnolín, F.L.; Isasi, M.P.; Freitas, F.I.; Andrade, J.A. 2015a. A Mesozoic bird from Gondwana preserving feathers. *Nature Communications* 6:1-5.

Carvalho, I.S, Novas F.E; Agnolín, F.L.; Isasi, M.P.; Freitas, F.I.; Andrade, J.A.. 2015b. A new genus and species of enantiornithine bird from the Early Cretaceous of Brazil. *Brazilian Journal of Geology* 45:161-171.

Fara, E.; Saraiva, A.A.F.; Campos, D.A.; Moreira, J.K.R.; Siebra, D.C. & 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.

Kellner, A.W.A. 1998. Panorama e Perspectiva do Estudo de Répteis Fósseis No Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70: 647-676.

Kellner A.W.A. 2002. A review of avian Mesozoic fossil feathers. In: Chiappe LM, Witmer LM, eds. *Mesozoic birds above the heads of dinosaurs*. California: University of California Press, 389–404.

Maisey, J.G. 1991. *Santana Fossils: An Illustrated Atlas*. T.F.C. Publications, Neptune, New York, 459 pp.

May, P., Reser, P. e Leiggi, P., 1994. Macrovertebrates preparation. In *Vertebrates paleontological techniques*, volume I. Editores Leiggi, P e May, P. Cambridge University Press. p 113-128.

Martill D.M. 1988. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brasil *Palaeontology* 31: 1-18.

Prado, G. M. E. M.; Anelli, L. E.; Petri, S. & Romero G. R. 2016. New occurrences of fossilized feathers: systematics and taphonomt of the Santana Formation of the Araripe Basin (Cretaceus), NE. Brazil. PeerJ, DOI 10.7717/peerj.1916

Persons, W. S; Currie, P. J. 2015. Bristles before down: A new perspective on the functional origin of feathers, *Evolution* Volume 69, Issue 4, pp 857-862

Prum R O. 1999. Development and evolutionary origin of feathers. *Journal of Experimental Zoology* 285:291–306.

Prum R. O.; Brush A.H. 2002. The evolutionary origin and diversification of feathers. *Quarterly Review of Biology* 77(3):261–295.

Prum, R. O. 2006 Anatomy, physics, and evolution of avian structural colors. In *Bird coloration*, vol. 1 (eds G. E. Hill & K. J. McGraw), pp. 295 –353. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Saraiva, A.A.F.; Alcântara, O.A.B.; Bantim, R.A.M. & Lima, F.J. 2013. *Guia para trabalhos de campo em Paleontologia na Bacia do Araripe*. Francy Cópias, Crato, Ceará, 88 pp.

Sayão, J.M., Saraiva, A.A.F. & Uejima A.M.K. 2011. New evidence of feathers in the Crato Formation supporting a reappraisal on the presence of Aves. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 197-210.

Sayão, J.M.; Vila Nova, B.C; França, M.A.; Oliveira, G.R.; Lima, F.J.; Saraiva, A.A.F. 2015. Fósseis do Araripe - Um exemplo de diversidade ao longo do tempo profundo. In: Ulysses Paulino de Albuquerque; Marcos Vinicius Meiado. (Org.). *Sociobiodiversidade na Chapada do Araripe*. 1ed.Recife: NUPEEA, v. 1, p. 273-292.

Valença, L.M.M.; Neumann, V.H. & Mabesoone, 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: 261-275.

Yang, Z., Jiang, B., McNamara, M.E. *et al.* Pterosaur integumentary structures with complex feather-like branching. *Nat Ecol Evol* **3**, 24–30 (2019) doi:10.1038/s41559-018-0728-7