



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Charlison César da Silva

**O USO DA OSTEOHISTOLOGIA EM UM ESPÉCIME FÓSSIL DE  
*Araripemys barreto* (Price, 1973) (PELOMEDUSOIDEA,  
ARARIPEMYDIDAE) DA FORMAÇÃO CRATO, BACIA DO ARARIPE E  
UM EXEMPLAR ATUAL DE *Phrynops geoffroanus*, (Schweigger,  
1812).**



Vitória de Santo Antão, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**CHARLISSON CÉSAR DA SILVA**

**O USO DA OSTEOHISTOLOGIA EM UM ESPÉCIME FÓSSIL DE *ARARIPEMYS BARRETOI* (PRICE, 1973) (PELOMEDUSOIDEA, ARARIPEMYDIDAE) DA FORMAÇÃO CRATO, BACIA DO ARARIPE E UM EXEMPLAR ATUAL DE *PHRYNOPS GEOFFROANUS*, (SCHWEIGGER, 1812).**

TCC apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas

**Orientador:** Rafael César Lima Pedroso de Andrade  
**Co-orientadora:** Juliana Manso Sayão

Vitória de Santo Antão

2016

Catálogo na Fonte  
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.  
Bibliotecária Jaciane Freire Santana, CRB-4: 2018

S586u Silva, Charlisson César da  
O uso da osteohistologia em um espécime fóssil de *araripemys barreto* (price, 1973) (pelomedusoidea, araripemydidae) da formação crato, bacia do araripe e um exemplar atual de *phrynops geoffroanus*, (schweigger, 1812) / Charlisson César da Silva. – Vitória de Santo Antão: O Autor, 2016.  
34 folhas: il.

Orientador: Rafael César Lima Pedrosa de Andrade  
Coorientadora: Juliana Manso Sayão  
TCC (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV. Licenciatura em Ciências Biológicas, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Fóssil. 2. Araripemydidae. I. Andrade, Rafael César Lima Pedrosa de (Orientador). II. Sayão, Juliana Manso (Coorientadora). III. Título.

566 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-038/2016

**Charlisson César Da Silva**

**O USO DA OSTEONTOLOGIA EM UM ESPÉCIME FÓSSIL DE *ARARIPEMYS BARRETOI* (PRICE, 1973) (PELOMEDUSOIDEA, ARARIPEMYDIDAE) DA FORMAÇÃO CRATO, BACIA DO ARARIPE E UM EXEMPLAR ATUAL DE *PHRYNOPS GEOFFROANUS*, (SCHWEIGGER, 1812).**

TCC apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**Banca Examinadora**

---

**Profº Msc. Rafael César Lima Pedroso de Andrade (Orientador)**

Mestre em Geociências  
Universidade Federal de Pernambuco

---

**Profº Dr. Luiz Augustinho Menezes da Silva (Examinador Interno)**

Doutor em Biologia Animal  
Centro Acadêmico da Vitória/UFPE

---

**Profº. Ms. Nathalia Alves da Silva (Examinador Externo)**

Mestre em Biologia Animal  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho

As minhas mães Lindalva Otilia, Cleonice Andrade, Graças Soares e Joelma Santos que contribuíram e continuam a contribuir de modo positivo em todo decorrer de minha graduação e vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Para desenvolver e finalizar este trabalho de conclusão de curso, tive a ajuda de várias pessoas que contribuíram para um bom andamento das atividades propostas, até seu ponto de finalização.

-A professora Dra. Juliana Sayão que se disponibilizou a me orientar nesta empreitada, mesmo com todos seus afazeres, me incentivando e mostrando que para tudo existe uma solução.

- A Professora Lucia Helena Eleutério, pela maior boa vontade do mundo em ajudar na construção deste TCC com ótimas dicas e explicações me apoiando até o final de todo o trabalho, a você Lúcia, meu muito obrigado eterno.

- Ao professor Dr. Gustavo Oliveira e toda sua generosidade compartilhando comigo além de sua experiência, papers que me ajudaram durante toda a escrita e interpretação dos dados aqui contidos.

- A Jefferson Diego que sempre se mostrou um amante e companheiro excepcional sem sua presença em minha vida e incentivo este trabalho não teria sido completado.

- Ao professor Dr. Luiz Augustinho pelas ótimas dicas e toda sua flexibilidade durante todo o semestre letivo, além de tirar todas as dúvidas possíveis ao seu alcance, conduzindo da melhor forma a disciplina responsável por este trabalho.

- Aos Professores Msc. Renan Bantin e Rafael Andrade por me auxiliarem no processo de confecção de laminas histológicas, me ensinando todo o passo a passo do procedimento.

- Ao professor Dr. Álamo Saraiva por ceder o espécime LPU-519, tornando possível o desenvolvimento deste TCC.

- Aos amigos que me acompanharam de perto neste trabalho, compartilhando do mesmo espaço de trabalho, Vitor Marques, Alzira Lucena, Flaviana Lima, Leticia Tereza, Albérico Queiroz, Débora Almeida, Ane Cleries e a todos que contribuíram de alguma maneira para a finalização deste trabalho.

**“Blow a kiss, fire a gun. ”**

**Major Lazer**

## RESUMO

A família Araripemydidae é composta por testudines semiaquáticos e caracterizada pela ausência do mesoplastrão e três fontanelas no plastrão. A boa conservação do material fóssil mineralizado permite analisar padrões morfológicos e histológicos a fim de interpretar estágios ontogenéticos e características sistemáticas. No presente trabalho é apresentada uma análise comparativa osteohistológica preliminar de um espécime de testudine fóssil de *Araripemys barretoii* (Price, 1973) retirado das rochas da Formação Crato (Bacia do Araripe) e um espécime atual de *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812). A partir dos ossos da carapaça foram confeccionadas duas lâminas histológicas, uma de cada espécime para a análise microestrutural. Os resultados osteohistológicos de ambas as amostras evidenciaram a presença de tecido díploe, com diferença marcante na delimitação das zonas teciduais. A organização tecidual da região central mostrou-se de grande importância para a determinação dos estágios ontogenéticos dos espécimes, apresentando uma diferença significativa nas diferentes fases, tecido paralelo-fibroso no exemplar fóssil e tecido esponjoso bem desenvolvido no espécime atual. Histologicamente, o espécime fóssil *A.barretoii* apresentou uma maior taxa de crescimento, com uma presença marcante de vascularização e muitas lacunas de osteócitos. Em contrapartida, o exemplar atual evidenciou baixa taxa de crescimento, com presença de ósteons secundários e remodelamento ósseo. Os dois espécimes analisados não apresentaram linhas de pausa de crescimento (LAG's), nem sistema fundamental externo (EFS). Logo, o espécime fóssil trata-se de um juvenil, enquanto o atual de um adulto, mas não em fase final de desenvolvimento. Desse modo, essa é a primeira informação osteohistológica dos ossos da carapaça de *A.barretoii* comparada com um testudine atual, abrindo para ambos os espécimes perspectivas de estudo sobre os padrões de crescimento ósseo.

Palavras-chave: Araripemydidae; Díploe; Phrynops;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Atuais linhagens de quelônios, destaque para o movimento de retração do pescoço em Cryptodira e deslocamento lateral em Pleurodira. **13**
- Figura 2.** Mapa da Bacia Sedimentar do Araripe. **17**
- Figura 3.** Reconstituição da Formação Crato há 15 milhões de anos atrás. **18**
- Figura 4.** Afloramento da formação Crato atualmente, em uma das minas existentes no município de Nova Olinda, destaque para a distribuição das camadas de calcário e arenito. **19**
- Figura 5.** A – Fragmento de carapaça fossilizada de *Araripemys barretoii*; B – Carapaça óssea completa atual de *Phrynops geoffroanus*. Escala = 5 cm. **22**
- Figura 6.** A e B, menor e maior aumento, respectivamente, das áreas corticais e central em *A. barretoii*. Setas pretas - ósteons primários; brancas - lacunas dos osteócitos; cinza - densa vascularização. D e E, menor e maior aumento, respectivamente, das áreas corticais e central em *P. geoffroanus*. Seta preta - ósteon secundário; cinza - zona de reabsorção óssea. **26**

## **LISTA DE ABREVIACOES**

### **Abreviaoes Institucionais**

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco (Recife – PE)

CAV - Centro Acadêmico de Vitoria (Vitória de Santo Antão – PE)

URCA - Universidade Regional do Cariri (Crato – CE)

LPU - Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri (Crato – CE)

### **Abreviaturas**

LAG's – Linhas de Pausa de Crescimento

EFS - Sistema Fundamental Externo

COI – Córtex interno

COE – Córtex externo

TPF – Tecido paralelo-fibroso

TE – Tecido esponjoso

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
1.1	Os testudines fósseis e sua história .....	12
1.2	Osteohistologia .....	14
1.3	Contexto Geológico .....	15
1.3.1	A Formação Crato .....	18
2	OBJETIVOS .....	21
2.1	Geral .....	21
2.2	Específicos.....	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1	Preparação do material histológico.....	23
4	RESULTADOS .....	24
4.1	Araripemys barretoii (Price, 1973) (†).....	24
4.2	Phrynops geoffroanus (Schweigger, 1812) .....	25
5	DISCUSSÃO .....	27
5.1	Tecido Esponjoso .....	27
5.2	Linhas de Pausa de Crescimento .....	27
5.3	Estágio Ontogenético .....	28
5.4	Sistema Fundamental Externo .....	28
6	CONCLUSÃO .....	29
	REFERÊNCIAS .....	30

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Os testudines fósseis e sua história

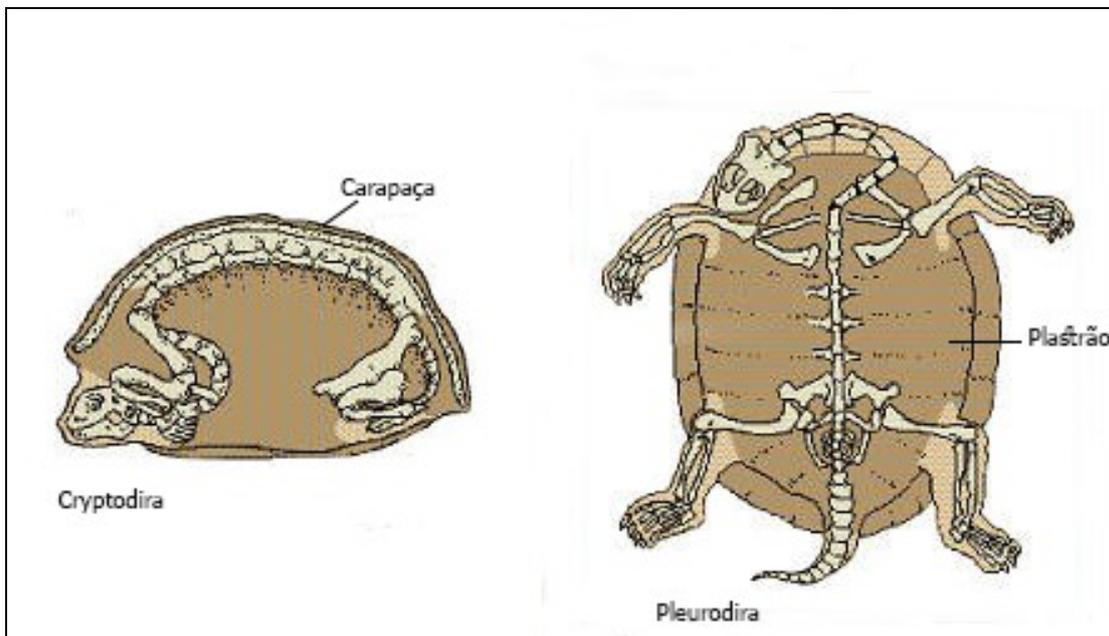
Testudinata é um grupo de animais amniotas também conhecidos como tartarugas, cágados, jabutis e outras nomenclaturas populares. Possuem uma distribuição ampla, com adaptações para diferentes ambientes, tendo assim uma versatilidade considerável quando se trata de hábitos de vida e ocupação de ambientes (MENEGAZZO, 2009).

Os primeiros registros fósseis de testudines datam do período Carbonífero, há aproximadamente 300 milhões de anos. No entanto, somente no Triássico, há cerca de 200 milhões de anos, houve o desenvolvimento da carapaça, que representa sua característica principal e marcante para fins sistemáticos (POUGH et al., 2008).

Sobre a origem da carapaça nos testudines, dois modelos têm sido discutidos por teóricos. De acordo com o primeiro modelo, o casco é derivado de várias outras formas de vida intermediárias, que possuíam uma quantidade crescente de placas dérmicas que se fundiram com o esqueleto interno subjacente, formando assim a carapaça e o plastrão. Já o segundo modelo descreve a origem de tal estrutura como uma consequência evolutiva de modificações das costelas, sem apresentar nenhum intermediário significativo. (LEE, 1996; CEBRA-THOMAS et al., 2005).

São reconhecidas duas grandes linhagens existentes de testudines, Cryptodira e Pleurodira. Os Cryptodira apresentam maior distribuição geográfica e possuem uma característica específica de retração vertical do pescoço. Os Pleurodira possuem distribuição mais restrita, realizando um movimento lateral de retração do pescoço (Figura 1.) (JOYCE, 2007).

**Figura 1** - Atuais linhagens de quelônios, destaque para o movimento de retração do pescoço em Cryptodira e deslocamento lateral em Pleurodira.



Fonte: Modificado de Encarta. Encyclopédia Deluxe, (2004).

Chelonia agrupa as tartarugas marinhas e terrestres e dentre elas encontra-se conseqüentemente o gênero *Araripemys*. Este pertence a subordem Pleurodira e a família Araripemydidae, sendo uma de suas espécies *Araripemys barretoii* Price, 1973.

*Araripemys barretoii* constitui uma espécie fóssil datada do Cretáceo inferior, encontrada em sedimentos da Bacia do Araripe. Seu posicionamento na evolução das tartarugas Pleurodiras pertence ao grupo que inclui as famílias Podocnemididae (tracajás e tartarugas gigantes da Amazônia) e Pelomedusidae (tartarugas de água doce que vivem na África) (OLIVEIRA; KELLNER, 2007). Destaca-se em sua morfologia o pescoço alongado e o casco achatado e arredondado (OLIVEIRA; KELLNER, 2007). A família Araripemydidae é caracterizada, entre outros aspectos morfológicos, pela ausência de mesoplastrão e por apresentar apenas três fontanelas no plastrão (GAFFNEY et al., 2006). Sua distribuição inclui espécimes do Cretáceo do Níger (BROIM, 1980) e do Brasil, nas Formações Crato, Romualdo (Bacia do Araripe - CE) e na Formação Itapecuru (Bacia do Parnaíba - MA) (OLIVEIRA; ROMANO, 2007).

*Phrynops geoffroanus* Schweigger, 1812, também conhecido como cagado de barbicha, recebeu esse nome popular devido a duas grandes barbelas na região

gullar. Apresenta várias subespécies distribuídas na América do Sul, ocorrendo na Venezuela, Colômbia, Argentina, Equador, Peru, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Brasil. No Brasil pode ser encontrada nas regiões sul, sudeste, centro oeste, norte e nordeste brasileira, nos biomas de Caatinga, Cerrado, Floresta Amazônica e Mata Atlântica (RHODIN; MITTERMEIER, 1983; RUEDA-ALMOCIDAD et al., 2007; BUJES, 2010; SCHNEIDER et al., 2011).

Pouco se sabe ainda sobre a osteohistológica de *Phrynops geoffroanus*, porém teve sua microestrutura óssea analisada e comparada por Scheyer, 2007, em um estudo comparativo da histologia óssea em carapaças de testudines para determinar características sistemáticas e morfológicas.

## 1.2 Osteohistologia

A estrutura óssea dos vertebrados é caracterizada por apresentar uma excelente preservação histológica quando fossilizada. Isso se deve em geral a composição estrutural do osso que é composto por tecido conjuntivo biomineralizado, produzido pela deposição de hidroxapatita, fosfato de cálcio cristalino, e internamente por osteócitos, numerosos canais, vasos sanguíneos e linfáticos (DODSON; CHINSAMY, 1995). Após a morte do animal, os componentes orgânicos, incluindo as células e os vasos sanguíneos se decompõem, enquanto a parte inorgânica torna-se fossilizada, mantendo sua microestrutura e preservando a forma das estruturas decompostas (CHINSAMY, 1997).

Vários aspectos da história de vida de vertebrados extintos são dedutíveis a partir da microestrutura do osso fossilizado. Por meio da análise histológica é possível inferir as adaptações a um estilo de vida, os gradientes e estratégias de crescimento, e indicar o seu estágio ontogenético (DE RICQLÈS et al., 1997). A quantidade e o tipo de tecido ósseo encontrado nessas estruturas fósseis são importantes para entender como se deu o seu desenvolvimento e a ligação existente com o estágio ontogenético (CHINSAMY et al., 2009).

Alguns grupos de vertebrados apresentam adaptações em suas estruturas ósseas que se tornaram a chave do sucesso para a manutenção de sua vida. A exemplo de alguns peixes e suas substituições ósseas, tuataras e seus desenvolvimentos de espinhos, crocodilomorfos e tartarugas. Estas últimas possuem

composição óssea mais compacta, representando maior resistência às placas que compõem a carapaça e o plastrão (POUGH et al., 2008). Tal exclusividade conferiu a essa característica uma importância sistemática, principalmente ao avaliar a afinidade entre os grupos fósseis. Deste modo, a resistência óssea apresentada pelo grupo de tartarugas, possibilita o emprego de técnicas histológicas de maneira bastante eficaz, ainda que em alguns casos o material se encontre frágil ou em condições desfavoráveis para a identificação de estruturas e seus aspectos teciduais (ZANGERL, 1969; POUGH et al., 2008).

Taxonomicamente, análises comparativas de testudines eram em sua maioria baseadas em análises osteohistológicas de materiais do crânio ou pós cranianos, porém tem-se evidenciado o potencial taxonômico da microanálise do casco (carapaça e plastrão) (SCHEYER, 2007).

Uma das primeiras análises utilizando a osteohistologia do casco renderam resultados satisfatórios para comparação entre diferentes testudines, a exemplo de terrestres e marinhos. Nesses foram destacadas suas modificações ósseas e a manutenção de padrões compartilhados por ambos os grupos (ZANGERL, 1969; MOSS, 1969).

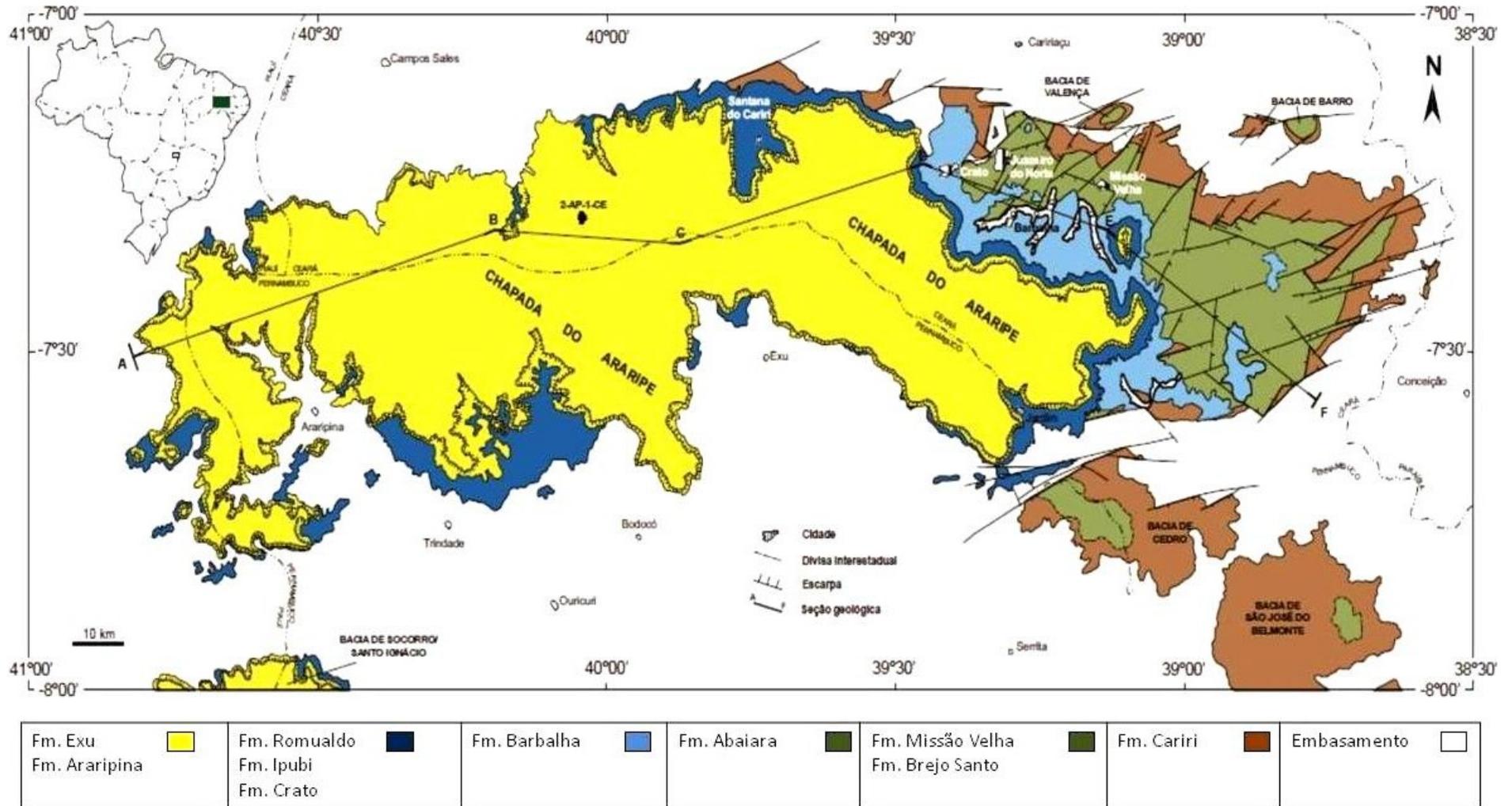
### **1.3 Contexto Geológico**

No interior do Nordeste do Brasil existem um conjunto de pequenas Bacias, cuja origem e evolução estão relacionadas aos eventos tectônicos eocretáceos que culminaram com o rifteamento de Gondwana e a abertura do oceano Atlântico Sul (BRITO NEVES, 1990; GHIGNONE et al., 1996). Dentre o grupo de Bacias podemos evidenciar a Bacia Sedimentar do Araripe que por sua vez é a que apresenta a evolução tectono-sedimentar mais complexa (ASSINE, 1992).

A Bacia do Araripe é a mais extensa do interior do nordeste brasileiro. Está localizada entre os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (Figura 2.), em uma área delimitada pelas coordenadas geográficas 07°00` e 08°00` de latitude sul e 38°30` e 41°00` de longitude oeste (CHAGAS, 2006). Sua ocorrência, porém, chega a se

estender ao Vale do Cariri, num total de aproximadamente 9.000 km<sup>2</sup> (ASSINE, 1992).

Figura 2 – Mapa da Bacia Sedimentar do Araripe



Fonte: Retirado de Bantim (2013).

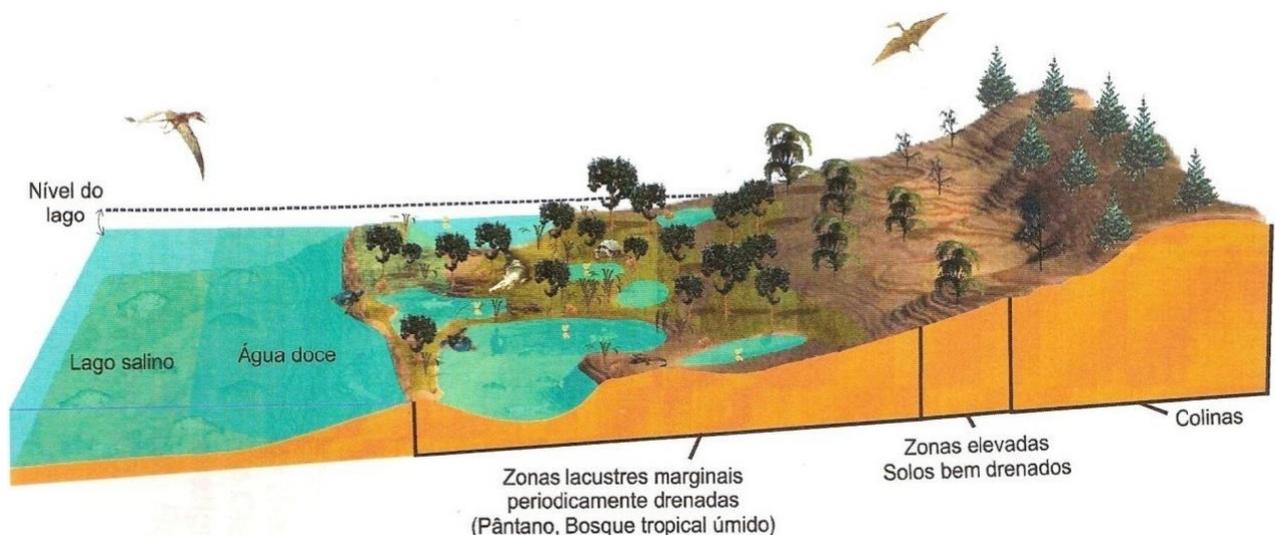
Tal Bacia é descrita como poli-histórica, formada pela superposição de diversas camadas estratigráficas, dentre estas camadas são encontradas as pertencentes ao Grupo Santana, que são as camadas consideradas como as mais fossilíferas da região (NEUMANN et al., *no prelo*). O surgimento do nome de tal grupo segue de uma descrição inicial de Small (1913) com o nome de “calcário de Sant’ana”, o que se refere as atuais camadas de calcário laminado da Formação Crato (BANTIM, 2013)

### 1.3.1 A Formação Crato

A Formação Crato foi definida como Formação por Beurlen (1963) e rebaixada pelo mesmo a membro em 1971, logo após elevada à Formação mais uma vez por Martill (1993) e mantida nesta categoria por Neumann e Cabrera (1999) até os dias atuais.

Esta Formação é composta, em sua grande parte, por deposição de calcário proveniente de ambientes aquáticos. Tal ambiente pode ser evidenciado em reprodução na Figura 3, possuindo uma vasta diversidade de fósseis preservados com o passar dos anos.

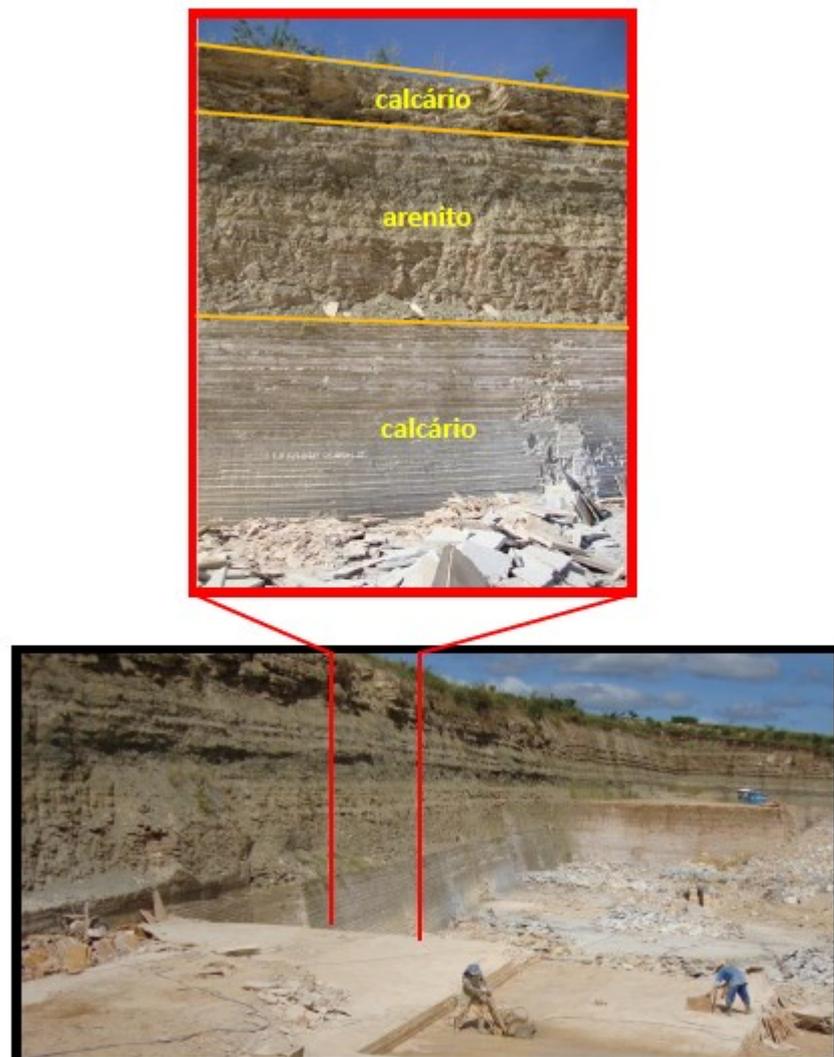
**Figura 3 - Reconstituição da Formação Crato há 15 milhões de anos atrás. Fonte: Adaptado de Neumann, (1999) in Moura et al., (2006).**



A quantidade de répteis desta formação não se mostra tão rica comparada a outros grupos de animais, porém possibilitou e ainda possibilita descobertas de caráter ímpar para o estabelecimento de características ontogenéticas e paleoecológicas de espécies hoje extintas (MARTILL, 2007).

De acordo com Valença et al. (2003), o paleoambiente da formação Crato é descrito como lacustre com fortes ciclos sazonais contendo condições climáticas extremamente secas e com as suas áreas marginal e central distintas através das diferenças de fácies, além disso há uma diferenciação na composição do solo com rochas facilmente visíveis (Figura 4.)

**Figura 4 - Afloramento da formação Crato atualmente, em uma das minas existentes no município de Nova Olinda, destaque para a distribuição das camadas de calcário e arenito. Fonte: Bantim, 2013.**



Fonte: Bantim, 2013.

A Formação Crato é datada do Cretáceo inferior (Aptiano-Albiano), consiste em um ambiente deposicional possivelmente muito tranquilo e protegido, provavelmente abaixo de uma lagoa mensurada em uma profundidade aproximada de 50 m. Essas características criaram circunstâncias ideais para a preservação excepcional de fósseis. A maior parte consiste de invertebrados, com uma grande proporção de formas terrestres principalmente insetos associados e vários crustáceos, além de peixes, anfíbios anuros, tartarugas, lagartos, crocodilos, pterossauros e pássaros, porém também são encontradas pelotas e coprólitos. A flora ainda é descrita com presença de macrófitas e algumas das angiospermas iniciais (MARTILL, 2007).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Caracterizar a osteohistologia do espécime fóssil *Araripemys barretoii* e atual *Phrynops geoffroanus* a fim de comparar suas microestruturas e estágio ontogenético dos espécimes.

### 2.2 Específicos

- Descrever a histologia da carapaça de um espécime fóssil de *Araripemys barretoii* (LPU-519) pertencente à coleção do Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri;
- Descrever a histologia da carapaça de um espécime atual de *Phrynops geoffroanus* pertencente à coleção da Universidade Federal de Pernambuco, do Centro Acadêmico de Vitória (UFPE-CAV);
- Identificar o estágio ontogenético dos dois espécimes;

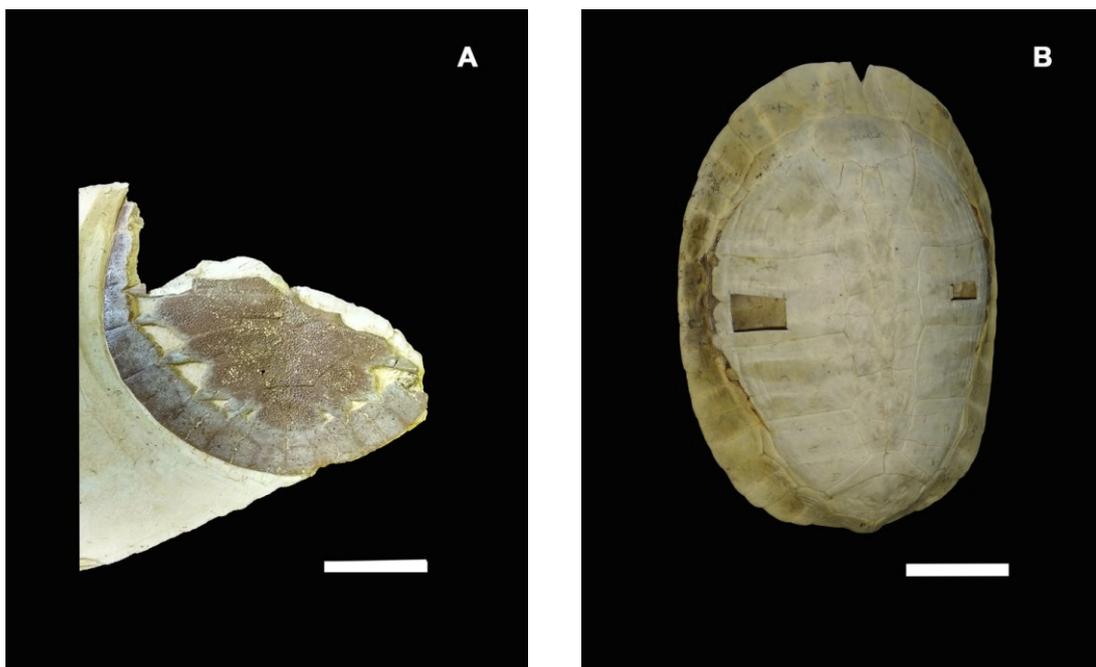
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizados o espécime LPU 519 (um exemplar fóssil de *A. barretoii*) cedido pelo Laboratório de Paleontologia da URCA e um espécime atual de *P. geoffroanus* proveniente de Souza, Paraíba, atualmente pertencente a coleção do CAV/UFPE (Figura 5.).

O exemplar atual, *P. geoffroanus*, é considerado o espécime com a melhor conservação, apresentando toda a estrutura da carapaça, já que ocorreram poucos processos diagenéticos. Enquanto, o espécime fóssil de *A. barretoii*, apenas uma parcela superior da carapaça foi conservada após os processos diagenéticos naturais decorrentes de milhares de anos (Figura 5.).

Fragmentos costais da parte esquerda e na altura da terceira placa pleural de cada espécime foram utilizados de modo que medidas puderam ser também inferidas. *Araripemys barretoii* possui uma espessura de carapaça de 4 mm, o fragmento costal de *P. geoffroanus* mede, aproximadamente 3 mm. Com relação ao comprimento, ambas as placas possuem um comprimento similar 6 cm. Apenas uma amostra de 3 cm foi utilizada de ambos os espécimes.

Figura 5 - A – Fragmento de carapaça fossilizada de *Araripemys barretoii*; B – Carapaça óssea completa atual de *Phrynops geoffroanus*. Escala = 5 cm



### 3.1 Preparação do material histológico

A preparação das lâminas histológicas seguiu a metodologia proposta por Chinsamy e Raath (1992). O material já se encontrava preparado para este estudo, em estado ideal para corte (livre de sedimentos e no caso do espécime atual, já dissecado). Foram seccionados utilizando uma serra de lâmina diamantada de forma transversal na altura da terceira placa pleural, e inseridos numa solução de resina epóxi transparente, RESAPOL T-208, catalisada com BUTANOX M50 (IBEX QUÍMICOS E COMPÓSITOS, Recife, Brasil), colocados em formas de silicone e deixadas em repouso por 24 h.

Após o período de espera, os fragmentos, agora em resina sólida, foram desgastados utilizando uma politriz metalográfica (AROPOL-W, Arotec LTDA) acoplada com lixas abrasivas com granulometrias de tamanhos decrescentes (120/P120, 320/P400, 1200/P2500) até uma espessura final de ~30-60 microns, ideal para visualização no microscópio. O material foi, então, colado em lâmina histológica comum lapidada em uma espessura de ~1.0-1.2 mm, utilizando uma cola de secagem rápida (EPÓXI – ARALDITE).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 *Araripemys barreto* (Price, 1973) (†)

**Córtex externo** – o córtex externo (COE) consiste de um tecido ósseo compacto espesso caracterizado como paralelo-fibroso (TPF). Apresenta uma camada epidérmica queratinizada localizada em toda extensão do tecido. Feixes de fibras ósseas paralelas intercaladas são visíveis e o tecido apresenta-se altamente vascularizado, destacando canais vasculares simples em toda sua extensão, além de lacunas de osteócitos e poucos ósteons. Esta região encontra-se bastante reduzida quando comparada a área central do osso (Figura 6. A).

**Tecido esponjoso** – a área de tecido esponjoso (TE) se apresenta reduzida e em processo inicial de remodelamento tecidual. Canais vasculares se apresentam de forma mais alongada e espaçados. Há uma presença significativa de ósteons primários com formato radial e de canais vasculares neste tecido. Foram encontradas também as lacunas dos osteócitos em grande quantidade nesta região com um tecido paralelo-fibroso bem marcado. É a região mais espessa, contudo sua delimitação não está bem definida (Figura 6.A e 6.C).

**Córtex interno** – o córtex interno (COI) consiste em um tecido ósseo compacto, caracterizado como paralelo-fibroso (TPF) contendo escassos ósteons primários. Os canais vasculares se apresentam em todo o tecido de forma paralela. A porção terminal desta área é constituída de um tecido queratinizado revestindo o córtex. Assim como no córtex externo, essa área encontra-se bastante reduzida (Figura 6.A).

Não foram encontrados ósteons secundários, linhas de pausa de crescimento (LAG's), sistema fundamental externo (EFS), nem áreas de reabsorção óssea em nenhuma área da amostra. Foi possível evidenciar uma estrutura díploe que é caracterizada por apresentar um arranjo tecidual composto por duas áreas externas compactas e um interior esponjoso, este último se apresenta neste exemplar extremamente reduzido. A delimitação da córtex externo, tecido esponjoso e córtex

interno é bastante reduzida neste exemplar. Uma alta incidência de canais vasculares sugere ainda que o espécime é caracterizado por apresentar uma maior taxa de crescimento e uma conseqüente idade juvenil (Figura 6.A e 6.C).

#### 4.2 *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812)

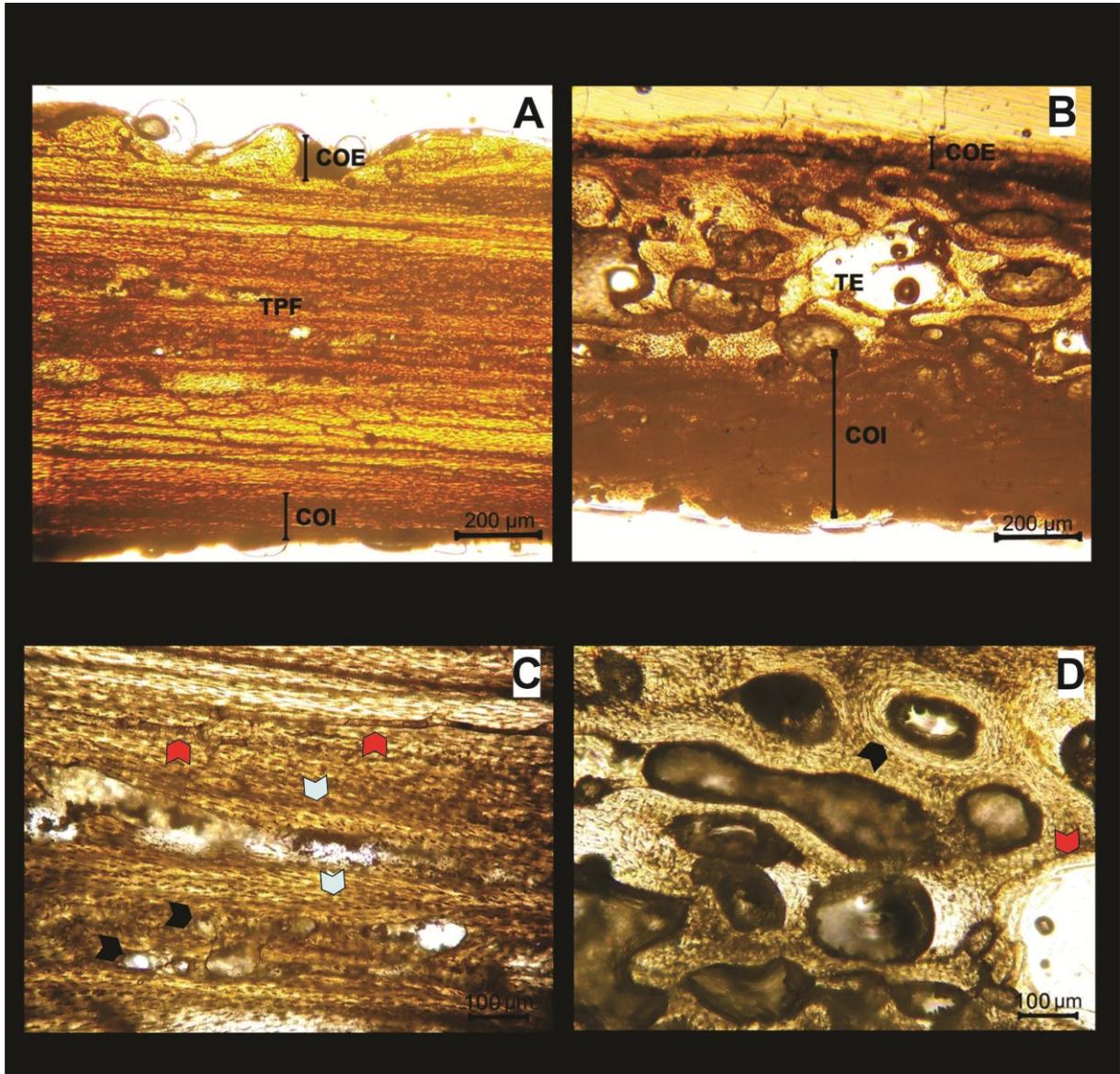
**Córtex externo** – o córtex externo apresenta uma fina camada de queratina que reveste sua epiderme percorrendo todo o entorno. O tecido é classificado como paralelo fibroso. Canais vasculares simples e secundários apresentam anastomose com a área de remodelamento em alguns pontos, e ósteons primários e secundários podem ser visualizados em toda sua área (Figura 6.B).

**Tecido esponjoso** – o tecido esponjoso apresenta-se como a maior área tecidual deste espécime, possui uma abundância de ósteons secundários, porém seu interior é composto por ósteons primários, caracterizando uma área de intensa vascularização, remodelamento e conseqüente reabsorção óssea. Em maior aumento pode ser evidenciado o remodelamento tecidual circundando as lacunas dos ósteons secundários. Em geral, os espaços de trabéculas ósseas e vasculares são bem distribuídas nesta região. As trabéculas são compostas de forma centrípeta pela deposição de lamelas de tecido secundário (Figura 6.D).

**Córtex interno** – o córtex interno se mostra bastante maciço e como a área mais espessa deste espécime em relação ao córtex externo, apresenta predominância de tecido paralelo fibroso, presença de canais vasculares simples, e ósteons secundários escassos ou ausentes, impressões sugerem uma reduzida vascularização com presença apenas de alguns canais vasculares simples, e um tecido queratinizado revestindo todo seu entorno (Figura 6.B).

Há uma grande delimitação entre o córtex externo, tecido esponjoso e córtex interno neste espécime. Assim como em *A. barretoii* é verificada a ausência de EFS e LAG's, porém sua organização tecidual se mostra bem delimitada, com a área de tecido esponjoso com uma alta atividade de remodelamento e substituição por uma vascularização secundária, característico de um animal mais velho (Figura 6.B e 6.D).

Figura 6 - A e C, menor e maior aumento respectivamente das áreas corticais e central em *A. barretoi*. Setas pretas - ósteons primários; brancas - lacunas dos osteócitos; vermelhas - marcas ósseas. B e D, menor e maior aumento respectivamente das áreas corticais



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Tecido Esponjoso

Em estudos elaborados por Scheyer e Sanchez Villagra (2007) com Testudines foram encontradas diferenças entre a organização das microestruturas na região central de acordo com a idade ontogenética dos espécimes. Tal tecido pode ser observado também em tartarugas basais como *Proterochersis robusta* (Fraas, 1913) e *Proganochelys quenstedti* (Baur, 1887) datadas do Triássico superior (SCHEYER; SANDER, 2007). Diferenças nesta região do tecido ósseo esponjoso dos espécimes *Araripemys barretoii* e *Phrynops geoffroanus* também são evidentes neste trabalho. A espessura trabecular e a largura dos espaços vasculares presentes neste tecido são estruturas caracterizadas por variar entre indivíduos diferentes com relação ao tamanho e idade. Com o avançar do desenvolvimento do animal, as características ósseas primárias, como restos de áreas de osso primário são sucessivamente apagados através de remodelação e dá espaço para a continuação da vascularização secundária. Tal fato foi encontrado na espécie atual após ser submetida à comparação em relação a espécie fóssil.

### 5.2 Linhas de Pausa de Crescimento

Snover e Rhodin (2007) citam as LAG's em ossos de *Malaclemys terrapin* e atribuem essa característica a pausas durante o desenvolvimento do animal ao longo da vida. Neste trabalho não foram encontradas tais marcas nos espécimes analisados. Deste modo a ausência destas linhas pode estar relacionada a falta de privações, sejam elas causadas por escassez de alimento, barreiras geográficas ou disputa de territórios durante o seu desenvolvimento, fazendo com que o animal não depositasse linhas nesta fase mais juvenil (CASTANET et al., 1977; DE BUFFRÈNIL, 1980), podendo também estar relacionado a amostra selecionada para este estudo. Enquanto o segundo exemplar *P.geoffroanus*, devido ao alto remodelamento ósseo e a formação de vascularização secundária, a visualização

destas marcas não se faz possível de serem evidenciadas, porém em um animal mais velho é inferido que elas tenham sido depositadas.

### **5.3 Estágio Ontogenético**

Estágios iniciais do desenvolvimento apresentam uma maior vascularização, quando o indivíduo atinge uma fase mais juvenil, a vascularização é aumentada já que as funções reprodutivas e de crescimento estão em grande atividade. Ao chegar em uma idade de maior maturidade, ocorre diminuição dessa vascularização para dar espaço ao remodelamento e a uma vascularização mais especializada, havendo a formação de ósteons secundários (AMPRINO, 1947; DE MARGERIE et al., 2002). Assim como neste trabalho, foram encontradas estruturas que estão relacionadas a animais mais jovens como maior vascularização e ausência de ósteons secundários como no espécime fóssil. Em contraponto, foi possível evidenciar na espécie atual, estruturas como ósteons secundários e presença de remodelamento ósseo, característico de um animal sub-adulto. Assim, a amostra fóssil apresentou um estágio ontogenético juvenil, enquanto a amostra atual sub-adulto.

### **5.4 Sistema Fundamental Externo**

O sistema fundamental externo está relacionado ao final da fase de desenvolvimento do animal. Quando o indivíduo chega a uma idade adulta, ele começa a depositar linhas na parte mais externa, característico de que o animal parou de crescer. Nos trabalhos de Gaffney et al. (2008) e Cadena et al. (2013), a deposição de EFS não foi encontrada, assim como no material analisado, indicando que ambos os espécimes não se encontravam em estágio assintótico final de desenvolvimento.

## 6 CONCLUSÃO

Em ambos os espécimes foi identificado uma estrutura díplote composta por tecido esponjoso e um tecido ósseo caracterizado como paralelo fibroso contendo uma moderada taxa de crescimento, porém apresentando variações de acordo com o exemplar analisado.

A análise histológica de *Araripemys barretoii* considera que a espécie fóssil possui uma maior taxa de crescimento, devido à grande presença de canais vasculares e maior quantidade de tecido primário além da ausência de EFS.

Em contrapartida, a espécie atual *Phrynops geoffroanus* apresenta uma menor taxa metabólica, devido a presença de ósteons secundários e remodelamento ósseo.

Deste modo, devido a características como quantidade de tecido primário, ausência de EFS e remodelamento considera-se que o exemplar fóssil *A. barretoii* apresenta-se em idade juvenil enquanto *P. geoffroanus* é determinado como sub-adulto, não estando em estágio assintótico final.

Essa é a primeira informação osteohistológica, até então, dos ossos da carapaça de *Araripemys barretoii* comparadas com animal atual, abrindo para ambos os espécimes maiores perspectivas de estudo sobre os padrões de crescimento ósseo.

## REFERÊNCIAS

AMPRINO, R.. La structure du tissu osseux envisagée comme expression de différences dans la vitesse de l'accroissement. **Archives de Biologie**, 58:315-330, 1947.

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

BANTIM, R.A.M. **Preparação, descrição de um novo crânio de pterossauro (Reptilia, Archosauria) e considerações sobre a morfologia craniana dos Anhangueridae.**, 2013. 131f. Dissertação (Mestrado) Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

BEURLIN, K. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17., 1963, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1963. P. 1-47.

BRITO NEVES, B.B. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO BRASIL, 1., 1990, Crato-CE. **Anais...** Crato, 1990. p. 21-33.

BROIN, F.L. Les tortues de Gadofaoua (Aptien de Niger): aperçu sur la paléogéographie des Pelomedusidae (Pleurodira). **Mémoires de la Société Géologique de France**, 189:36-46, 1980.

BUJES, C.S. Os Testudines continentais do Rio Grande do Sul, Brasil: taxonomia, história natural e conservação. **Iheringia Sér Zool**, 100(4):413-424, 2010.

CADENA, E.A.; KSEPKA, D.T. & NORELL, M.A. New material of *Mongolemys elegans* Khosatzky and Mlynarski, 1971 (Testudines: Lindholmemydidae), from the Late Cretaceous of Mongolia with comments on bone histology and phylogeny. **American Museum Novitates**, 3766:1-28, 2013.

CASTANET J.F.J; MEUNIER A. & DE RICQLÈS. L'enregistrement de la croissance cyclique par les tissue osseux chez les vertébrés poikilothermes: donnés comparative et essai de synthese. **Bull Biol Fr Bel**, 3:183-202, 1977

CEBRA-THOMAS, Judith et al. How the turtle forms its shell: a paracrine hypothesis of carapace formation. **Journal of Experimental Zoology Part B Molecular and Developmental Evolution**, n. 304, p. 558-69, 2005

CHAGAS, D.B. **Litoestratigrafia da Bacia do Araripe: reavaliação e propostas para revisão**. Universidade Estadual Paulista, 2006. 103f. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Rio Claro, São Paulo, 2006.

CHINSAMY, A. Assessing the biology of fossil vertebrates through bone histology. **Palaeontologia Africana**, 33:29-35, 1997.

CHINSAMY, A.; CODORNIU, L. & CHIAPPE, L. Palaeobiological Implications of the Bone Histology of Pterodaustro guinazui. **The Anatomical Record**, 292:1462-1477, 2009.

CHINSAMY, A. & RAATH, M.A. Preparation of fossil bone for histological examination. **Paleontologia Africana**, 29:39-44, 1992.

DE BUFFRÈNIL, V. Preliminary data on the structure of growth marks among living and fossil crocodylians. **Bulletin de la Societ Zoologique de France**, 105:355-361, 1980.

DE MARGERIE, E. et al. Assessing a relationship between bone microstructure and growth rate: a fluorescent labeling study in the king penguin chick (*Aptenodytes patagonicus*). **J Exp Biol**, 207:869-879, 2004.

DE RICQLÈS, A.J.; PADIAN, K. & HORNER, J. R. Comparative biology and the bone histology of extinct tetrapods: what does it tell us. In: Proceedings of the fifth international congress of vertebrate morphology. **Journal of Morphology**, p. 246, 1997.

DODSON, Peter; CHINSAMY, Anusuya. Inside a dinosaur bone. **American Scientist**, v. 83, p. 174-180, 1995.

ENCARTA. **Deluxe Encyclopedia**. Edição 2004. Microsoft, 3 CDs-ROOM.

FARLOW, J.O.; DODSON, P. & CHINSAMY, A. Dinosaur biology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 26:445-471, 1995.

GAFFNEY, E.S. et al. Two new species of the side-necked turtle genus, *Bairdemys* (Pleurodira, Podocnemididae), from the Miocene of Venezuela. **Paläontologische Zeitschrift**, 82(2):209-229, 2008.

GAFFNEY, E.S.; TONG, H.; MEYLAN, P.A. Evolution of the side-necked turtles: the families Bothremydidae, Euraxemydidae and Araripemydidae. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 300:700, 2006.

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

JOYCE, W.G. Phylogenetic Relationships of Mesozoic Turtles. **Bulletin of the Peabody**, Museum of Natural History, 48(1):3-102, 2007.

LEE, M.S.Y. Correlated progression and the origin of turtles. **Nature**, Australia, 379:812–815, 1996

MARTILL, D.M. **Fossil of the Santana and Crato formations, Brazil**. London: Palaeontological Association, 1993. (Palaeontological Association field guides to fossils 5) 159p.

MARTILL, D.M. **The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. pp. 475-524.

MENEGAZZO, M. C. **Revisão dos testudines fósseis do cretáceo superior da Bacia Bauru, com a descrição preliminar de novo morfótipo**. 2009. 146f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.

MOSS, M.L. Comparative histology of dermal sclerifications in reptiles. **Cells Tissues Organs**, 73(4):510-533, 1969.

NEUMANN, V.H. et al., *no prelo*. Reappraisal on the Araripe Basin Sedimentology and Stratigraphic. **Cretaceous Research**. *In press*.

NEUMANN, V.H.M.L. **Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptiense-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)**. 1999. 233f. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geoquímica, Petrologia e Prospecção Geológica, Universidade de Barcelona, Barcelona, 1999.

NEUMANN, V.H.M.L. & CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectono-secuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. In: **Boletim de resumos do Simpósio Cretáceo Brasileiro**, 5:279-285, 1999.

OLIVEIRA, G.R.; KELLNER, A.W.A. 2007. Taxonomic Status of *Araripemys "arturi"* Fielding, Martill & Naish (Testudines, Pleurodira, Araripemydidae). In: Carvalho, I. de S. et al, (Org.) **Paleontologia: Cenários de Vida**. Rio de Janeiro: Interciência, 393-399, 2005.

OLIVEIRA, G.R. & ROMANO, P.S.R. Histórico dos achados de tartarugas fósseis do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, 65(1):113-133, 2007.

POUGH, F.H.; JANIS, M.C. & HEISER, J.B. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu. c. 12, p. 306, 2008.

RHODIN, A.G.J.; MITTERMEIER, R.A. Description of *Phrynops williamsi*, a new species of chelid turtle of the South American *P. geoffroanus* complex. *Advances in herpetology and evolutionary biology*. **Museum of Comparative Zoology**, Harvard, 58-73, 1983.

RUEDA, ALMONACID, J.V. et al. **Las Tortugas y Cocodrilianos de los Países Andinos del Trópico**. Bogotá: Conservación Internacional, 2007.

SCHEYER, T.M.; SANDER, P.M.; JOYCE, W.G.; BÖHME, W. & WITZEL, U. A plywood structure in the shell of fossil and living softshelled turtles (Trionychidae) and its evolutionary implications. **Organisms, Diversity & Evolution** 7:136–144, 2007.

SCHEYER, TORSTEN M.; SÁNCHEZ-VILLAGRA, Marcelo R. Carapace bone histology in the giant pleurodiran turtle *Stupendemys geographicus*: phylogeny and function. **Acta Palaeontologica Polonica**, v. 52, n. 1, p. 137-154, 2007.

SCHNEIDER, L.; FERRARA, C.R.; VOGT, R.C. & BURGER, J. History of turtle exploitation and management techniques to conserve turtles in the Rio Negro Basin of the Brazilian Amazon. **Chelonian Conservation and Biology**, 10(1):149-157, 2011.

SMALL, H.L., **Geologia e Suprimento d'água subterrânea no Ceará e parte do Piauí**. Rio de Janeiro: Inpet. Fed. de Obras contra as secas, 1913. 80 p. (Série 7D).

SNOVER, M.L. & RHODIN, A.G. Comparative ontogenetic and phylogenetic aspects of chelonian chondro-ossious growth and skeletochronology. In: Wyneken J, Godfrey M, Bels V (eds) **The biology of turtles**. CRC Press, Boca Raton, 2007.

VALENÇA, L.M.M.; NEUMANN, V.H.M.L. & MABESOONE, J.M. An Overview on Callovian-Cenomanian intracratonic basins of Northeast Brazil: Onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. **Geologica Acta**, 1(3): 261-276, 2003.

ZANGERL, R. The turtle shell. **Biology of the Reptilia**, 1:311-339, 1969.