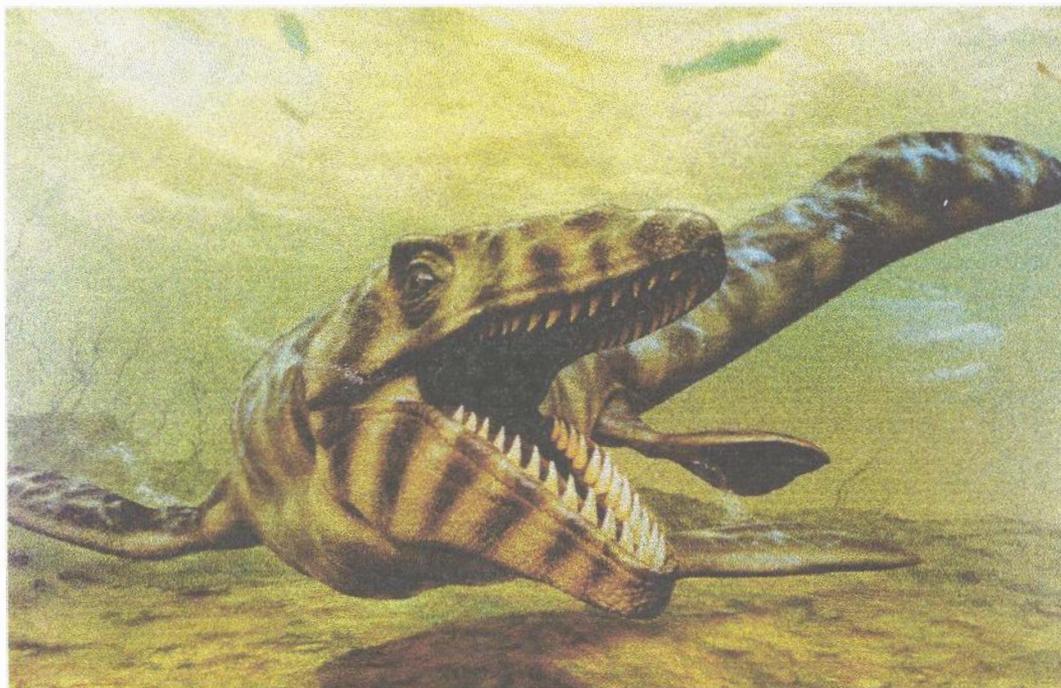


Luciana Barbosa de Carvalho



**A OCORRÊNCIA DE LAGARTOS MARINHOS
(MOSASAURIDAE - LEPIDOSAURIA) E SUA ASSOCIAÇÃO
FAUNÍSTICA NO CRETÁCEO DA BACIA PERNAMBUCO-
PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Zoologia da
Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas - Zoologia.

Rio de Janeiro

1996

Luciana Barbosa de Carvalho

**A OCORRÊNCIA DE LAGARTOS MARINHOS
(MOSASAURIDAE: LEPIDOSAURIA) E SUA ASSOCIAÇÃO
FAUNÍSTICA NO CRETÁCEO DA BACIA PERNAMBUCO-
PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. ULISSES CARAMASCHI (Presidente)

Prof. Dr. VICTOR DE CARVALHO KLEIN

Prof. Dr. HUSSAN ELDINE ZAHER

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS S. FERNANDES (Suplente)

Rio de Janeiro, dezembro de 1996

**TRABALHO REALIZADO NO SETOR DE PALEOVERTEBRADOS
DO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA/
MUSEU NACIONAL/UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**

Orientador:

Prof^o Dr. **SERGIO ALEX KUGLAND DE AZEVEDO**

MUSEU NACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

FICHA CATALOGRÁFICA

CARVALHO, Luciana Barbosa de

A ocorrência de Lagartos Marinhos (Mosasauridae: Lepidosauria) e sua associação faunística no Cretáceo da Bacia Pernambuco-Paraíba, Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro. UFRJ, Museu Nacional, 1996.

xi + 194 páginas.

Tese: Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

1. Histórico das pesquisas na Bacia Pernambuco-Paraíba 2. Geologia da região estudada 3. Limite Cretáceo-Terciário 4. Família Mosasauridae . Morfologia 7. Sistemática.

I. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

II. Teses

Aos amigos e familiares que me
apoiaram neste empreendimento

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Sergio Alex Kugland de Azevedo pela orientação e apoio incondicional a todas as fases de desenvolvimento desta dissertação, sem a qual a mesma não se realizaria. E aos amigos Prof^ª. Valéria Gallo da Silva do Departamento de Biologia Animal e Vegetal do Instituto de Biociências/UERJ, Prof. Ramsés Capilla Instituto de Geociências/UFRJ e Prof. Dr. Alexander A. Kellner do Departamento Nacional da Produção Mineral, que com sua amizade sempre estiveram ao meu lado apoiando-me e auxiliando-me principalmente nas leituras críticas solicitadas.

À PETROBRÁS pelo apoio logístico durante os trabalhos de campo e cessão de seu pessoal técnico, os geólogos Jorge Darlan Ortiz (DENEST), Paulo Roberto Silva Santos (DENEST), Wagner Souza Lima (DENEST) e Gilberto Athayde Albertão (DESUD), que em muito colaboraram com sugestões em nossos debates durante as etapas de campo.

Ao Sr. Delmiro Paes de Lira Filho, gerente industrial da Companhia de Cimento Portland POTY, e a todos os responsáveis pelas pedreiras calcárias visitadas entre Recife e João Pessoa, o nosso agradecimento pela assistência fornecida.

Nossa gratidão aos colegas do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, pelos dados fornecidos e pelo apoio local.

Ao chefe do Setor de Paleontologia do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM/RJ), Geólogo Diógenes de Almeida Campos, e às Paleontólogas Marise Sardenberg Santos Salgado, Rita de Cássia Tardin Cassab e Vera Maria Medina Fonseca por disporem de seu tempo acompanhando-me à coleção da instituição acima citada.

Agradecemos, também, ao Prof. Dr. Gordon Bell da *South Dakota School of Mines and Technology (Rapid City, USA)*, pelas sugestões bastante valiosas no desenvolvimento do nosso conhecimento sobre os répteis marinhos. Ao Prof. Dr. William B. Gallagher (*New Jersey State Museum, New Jersey, USA*) e ao paleontólogo Michael Kass (*University of Utah, Salt Lake City, USA*) pelo fornecimento de bibliografias e sugestões.

Ao Prof. Dr. Alexander A. Kellner que nos assessorou na visita ao *American Museum of Natural History (New York, USA)*, ao Dr. John G. Maisey e Eugene Gaffney,

curadores de Paleovertebrados desta instituição e a todos que lá nos auxiliaram no contato com as coleções, o nosso agradecimento. O mesmo agradecimento a Prof^a Mary Dawson responsável pela coleção de Paleovertebrados *do Carnegie Museum of Natural History (Pittsburg, USA)*.

À Fundação José Bonifácio (FUJB) pelo fornecimento do equipamento de informática (Processo n^o 5384-8) destinado à Pós-Graduação em Zoologia do Museu Nacional/UFRJ e utilizado no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Sequeira Fernandes pela disponibilidade e atenção para as leituras críticas solicitadas e na montagem dos esquemas, figuras e mapas.

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida no decurso da dissertação e a CAPES pelas verbas destinadas à Pós-Graduação em Zoologia do Museu Nacional/UFRJ que foram utilizadas em equipamentos que muito auxiliaram no desenvolvimento e apresentação do presente estudo.

Agradecimentos à todos os colegas do Setor de Paleovertebrados e do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ, assim como àqueles que, embora não estão citados, de alguma forma foram responsáveis pelo bom desenvolvimento dessa dissertação.

RESUMO

Na presente dissertação, é efetuado o levantamento da ocorrência de lagartos marinhos mosassauros na Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, nordeste do Brasil. Para tal, são utilizados materiais depositados em coleções paleontológicas de instituições de ensino e pesquisa, enriquecidos pela realização de atividades de coleta na bacia em questão. O material obtido é morfologicamente descrito e, através de estudos comparativos, uma proposta taxonômica é apresentada.

A partir da realização de dois trabalhos de campo à região de estudo, foi possível confirmar, atualizar e rever o posicionamento estratigráfico/geocronológico da ocorrência de mosassauros na Bacia Pernambuco-Paraíba e levantar com maior exatidão sua associação paleofaunística. Assim resgata-se e amplia-se consideravelmente o conhecimento sobre estes répteis brasileiros, complementando as poucas referências na bibliografia.

Os estratos sedimentares que contêm a paleofauna em análise são geologicamente caracterizados, apresentando-se uma resenha dos conhecimentos constantes da literatura científica, acrescida pelos dados coletados nos trabalhos de campo. São discutidos, ainda, aspectos geo-paleontológicos envolvidos na passagem Cretáceo-Terciário (Limite K-T), intervalo de grande importância científica e marcante na história evolutiva dos mosassauros.

Em função da inexistência de qualquer publicação de síntese em língua portuguesa tratando dos mosassauros, inclui-se neste trabalho, com base em sua ocorrência mundial, uma série de informações morfo-anatômicas e discutem-se diversos aspectos relativos a sua evolução e suas relações paleoecológicas, de modo a apresentar o tema àqueles menos familiarizados com o grupo de estudo.

É apresentada uma listagem dos principais afloramentos citados na literatura e daqueles levantados pela autora em seus trabalhos de campo à região, contendo dados lito-estratigráficos, paleontológicos e de localização. As coordenadas geográficas dos afloramentos foram obtidas através de aparelhos rastreadores de satélite (GPS), o que se justifica pela absoluta imprecisão dos dados de localização na maioria dos textos publicados sobre a área em análise.

ABSTRACT

This dissertation carries out a survey of the occurrences of the mosasaurid marine lizard fauna from the Pernambuco-Paraíba basin of the Northeastern Brazil. Specimens housed in paleontological collections from several institutions have been examined and new material from the mentioned basin has been collected. The specimens are described and compared and a new taxonomic proposal is presented.

Based on two field trips to the mentioned area, the stratigraphic and geochronologic occurrences of mosasaurs in the Pernambuco-Paraíba basin could be confirmed, updated, and revised. Furthermore, a better understanding of the paleofaunistic association of those creatures was obtained. This study recovers, expands, and complements the limited information so far available in the literature about the Brazilian mosasaurid taxóns.

The sedimentary strata containing the studied fauna are characterized and a summary of the information available in the scientific literature is presented, including new data obtained during the field work. Geopaleontological aspects concerning the limit between the Cretaceous and the Tertiary (KT boundary), which is of relevant scientific importance for the evolutionary history of the mosasaurids, are discussed.

Since there is no publication available in the Portuguese language that presents a synthesis regarding mosasaurs, the present study includes several morphological and anatomical information, and discusses several aspects regarding the evolution and the palaeoecological relations of this group.

A list of the most important outcrops cited in the literature and the ones studied by the author during the field work are presented, including lithostratigraphic, paleontological, and locality information. The geographic coordinates of the outcrops have been obtained using GPS, providing a more precise locality data than the ones available so far in the literature.

SUMÁRIO

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
Lista de ilustrações e tabelas	xii
1. Apresentação	01
1.1. Introdução	01
1.2. Objetivos	03
1.3. Material e métodos	04
2. Histórico das pesquisas nas formações Gramame e Maria Farinha da Bacia Pernambuco-Paraíba	08
2.1. A Formação Gramame	08
2.2. A Formação Maria Farinha	13
3. A evolução da Bacia Pernambuco-Paraíba	15
3.1. Geologia da Bacia Pernambuco-Paraíba	15
3.2. Aspectos geológicos dos fosforitos da faixa sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba	21
3.3. Geologia da Pedreira Poty	25
3.4. Formação Gramame e Formação Maria Farinha na Pedreira Poty	29
3.5. O limite Cretáceo-Terciário	32
3.6. As extinções do Cretáceo Superior	37
3.7. A ponte intercontinental entre Brasil e África	47
4. Áreas estudadas	51
5. Síntese do conhecimento sobre a família MOSASAURIDAE	59
5.1. Histórico das pesquisas.....	59
5.2. Os Lepidosauria	64
5.3. Os MOSASAURIDAE	65
6. Caracterização morfológica dos MOSASAURIDAE	68
6.1. Crânio	68
6.2. Vértébras	69
6.2.1. O Atlas	70
6.2.2. O Axis	71
6.2.3. Vértébras cervicais	73
6.2.4. Vértébras dorsais	74
6.2.5. Vértébras caudais	75
6.3. Escápula	78
6.4. Coracóide	78
6.5. Clavícula	79
6.6. Interclavícula	79
6.7. Úmero	80
6.8. Rádio	80

6.9. Ulna	81
6.10. Elementos Carpais	82
6.11. Metacarpo e falange	83
6.12. Cintura pélvica	84
6.12.1. Ílio	84
6.12.2. Púbis	85
6.12.3. Ísquio	86
6.13. Fêmur	87
6.14. Tíbia	88
6.15. Fíbula	88
6.16. Tarsais	89
6.17. Dentição	89
7. Sistemática do grupo	94
8. Paleobiologia dos MOSASAURIDAE	99
8.1. Aspectos evolutivos	99
8.2. Abordagem sobre a locomoção	103
8.3. Dinâmica alimentar	105
8.4. Paleoambiente dos mosassauros	108
9. O material brasileiro	110
9.1. Coleção do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco	110
9.2. Coleção do Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro	121
9.3. Coleção do Departamento Nacional da Produção Mineral	131
9.4. Material com numeração provisória do Departamento Nacional da Produção Mineral	151
10. Fauna associada no Grupo Paraíba	159
11. Discussão e Conclusões	161
12. Referências bibliográficas	164

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Tabela I: Medidas das coroas dos dentes de mosassauros
 Tabela II: Medidas da base de fixação de alguns dentes analisados
 Tabela III: Medidas dos centros vertebrais analisados
 Tabela IV: Medidas do úmero de indivíduo da família MOSASAURIDAE
 Tabela V: Medidas da falange de indivíduo da família MOSASAURIDAE
 Figura 1: Localização da faixa sedimentar Pernambuco-Paraíba
 Figura 2: Carta estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba
 Figura 3: Mapa dos afloramentos visitados (Norte)
 Figura 4: Mapa dos afloramentos visitados (Centro-Norte)
 Figura 5: Mapa dos afloramentos visitados (Centro-Sul)
 Figura 6: Mapa dos afloramentos visitados (Sul)
 Figura 7: Perfil estratigráfico da pedreira Poty
 Figura 8: Perfil estratigráfico/paleontológico da pedreira Poty
 Figura 9: Metodologia de trabalho
 Figura 10: Visita às coleções estrangeiras
 Figura 11: Exemplos expostos em museus
 Figura 12: Mapa paleogeográfico do Eopaleoceno
 Figura 13: Limite K-T na pedreira Poty
 Figura 14: Camada com anomalia geoquímica de Irídio
 Figura 15: Ponte intercontinental Brasil-África
 Figura 16: Pedreira CIMEPAR (Conde, PB)
 Figura 17: Ponta do Funil/Pedreira CIPASA
 Figura 18: Pedreira CIPASA/Rejeito da Fosforita
 Figura 19: Pedreira Poty (Paulista, PE)
 Figura 20: Dragão de Komodo
 Figura 21: Esquema do crânio de varanídeos
 Figura 22: Esqueleto de *Tylosaurus proriger*
 Figura 23: Reconstituição de mosassauro hipotético
 Figura 24: Crânios de mosassauros
 Figura 25: Atlas/Áxis e coluna cervical de mosassauros
 Figura 26: Escápula/Coracóide de mosassauros
 Figura 27: Interclavículas de mosassauros
 Figura 28: Úmero de mosassauros
 Figura 29: Membros anteriores de mosassauros
 Figura 30: Cintura pélvica de mosassauros
 Figura 31: Membros posteriores de mosassauros
 Figura 32: Substituição dentária *Platecarpus coryphaeus*
 Figura 33: Cinetismo na mandíbula de mosassauros
 Figura 34: Fauna associada aos mosassauros
 Estampa I: Material descrito na dissertação (dentes)
 Estampa II: Material descrito na dissertação (vértebras)
 Estampa III: Outros materiais analisados

1. APRESENTAÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

A Paleozoologia de Vertebrados tem encontrado importante campo de pesquisa nos sedimentos cretáceos do Nordeste brasileiro, estando entre estes os sedimentos calcários da bacia Pernambuco-Paraíba (figuras 1 e 2).

A ictiofauna da Bacia Pernambuco-Paraíba, tem sido, nos últimos anos, muito bem estudada principalmente nos trabalhos do Professor Rubens da Silva Santos, que tanto contribuíram para o conhecimento da fauna de osteíctes e condríctes dessa região (Oliveira & Silva Santos, 1950; Rebouças & Silva Santos, 1956; Silva Santos & Figueiredo, 1987; entre outros).

Apesar de também contarmos com nobres contribuições para o conhecimento de alguns outros grupos de vertebrados fósseis da Bacia Pernambuco-Paraíba, um grupo de grande importância tem sido esquecido durante esses anos.

Os mosassauros são assunto de intensos estudos em todo o mundo. Por terem uma história evolutiva curta e marcarem um período polêmico, o final do Cretáceo, onde várias espécies animais e vegetais tiveram seu ciclo evolutivo abruptamente interrompido extinguindo-se sem deixar remanescentes, este grupo torna-se de grande importância científica. No Brasil, este grupo de vertebrados é pouco conhecido. Desde os anos 50, quando foram publicados os trabalhos de Price (1953a, 1957) sobre mosassauros encontrados na bacia acima citada, nada mais se publicou sobre o grupo, com exceção de Eugênio & Azevedo (1993) que relatam a presença de dentes isolados atribuídos a mosassauros nos sedimentitos cretáceos da baía de São Marcos no Maranhão.

Um outro grupo de répteis pouco estudado em nosso país é o dos crocodilos marinhos. Na Bacia Pernambuco-Paraíba eles aparecem com grande representatividade logo após a extinção dos mosassauros. Esses crocodilos são encontrados na Formação Maria Farinha (Paleoceno) imediatamente sobreposta aos extratos que contém mosassauros, indicando uma substituição de fauna de mosassauros para crocodilos no nicho destinado aos carnívoros predadores de grande porte. É de grande importância associarmos

esse fato ao contexto da presente dissertação por se tratar de mais um dado paleoambiental referente a passagem Cretáceo-Terciário onde estão inseridos mosassauros e crocodilos marinhos.

Na América do Sul, centros de pesquisa como o Museu de La Plata (Argentina), contam com paleontólogos altamente qualificados que se dedicam ao estudo desses animais tão impressionantes que marcaram uma Era com a sua presença. Assim, torna-se de grande importância resgatar os conhecimentos sobre os lagartos marinhos brasileiros esquecidos nesse lapso de tempo. Apesar das poucas notícias científicas sobre fósseis desses espécimens no Brasil, encontrá-los não é uma atividade muito difícil, pois a quantidade de material é bastante expressiva nas pedreiras de calcário de Pernambuco e da Paraíba e principalmente no rejeito da fosforita em Paulista (PE). Por falta de conhecimento, muito material foi perdido ou abandonado em gavetas de coleções sem que tivesse ao menos uma nota científica sobre a sua presença, extraviando-se desta forma, valiosas informações.

É objetivo da presente dissertação dar continuidade aos estudos já iniciados na década de cinquenta, tentando assim, acompanhar o ritmo das pesquisas realizadas em todo o mundo.

1.2. OBJETIVOS

O primeiro propósito da presente dissertação foi realizar o levantamento, estudo comparativo, descrição, classificação e posicionamento estratigráfico/geocronológico da ocorrência de lagartos marinhos mosassauros na Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, nordeste do Brasil, resgatando e complementando as poucas informações existentes na bibliografia.

Na qualidade de estudo paleontológico, fez-se necessária a caracterização geológica dos estratos sedimentares que contêm a paleofauna em análise, assim, procuramos apresentar uma resenha dos conhecimentos geológicos constantes da bibliografia, enriquecida pelos dados coletados em duas viagens de campo à região. Como parte deste objetivo específico, pretendeu-se discutir os aspectos geo-paleontológicos envolvidos na passagem Cretáceo-Terciário (Limite K-T).

Em função da inexistência de qualquer publicação de síntese, em língua portuguesa, tratando do grupo dos mosassauros, incluímos nos objetivos deste estudo a apresentação de uma série de informações morfo-anatômicas, paleoecológicas e sistemáticas, de modo a apresentar o tema àqueles menos familiarizados com o grupo de estudo.

Procurou-se, também, apresentar a determinação precisa da localização geográfica dos afloramentos citados na literatura e daqueles levantados pela equipe do Museu Nacional/UFRJ em seus trabalhos de campo à região, através da utilização de aparelhos rastreadores de satélite (GPS), fato justificado pela absoluta imprecisão dos dados de localização na maioria dos trabalhos publicados sobre a área em questão. Este procedimento objetivou facilitar o acesso de pesquisadores à fonte das informações apresentadas e discutidas na presente dissertação.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de fósseis ocorreu nos sedimentos cretáceos e terciários da Bacia Pernambuco-Paraíba, principalmente, nos estratos carbonáticos da pedreira calcária da Fábrica de Cimento Portland Poty, município de Paulista, Olinda (PE); no Cimento da Paraíba S.A. (CIPASA), município de Caaporã (PB); no rejeito da fosforita, município de Paulista (PE) A localização dos afloramentos visitados para coleta paleontológica e levantamento de dados geológicos pode ser observada nos mapas de afloramentos (figuras 3, 4, 5, e 6).

Perfis estratigráficos constantes da bibliografia foram verificados e complementados com a introdução de dados geológicos e paleontológicos (figuras 7 e 8).

Os resquícios de mosassauros encontram-se acompanhados por uma grande quantidade de fósseis de invertebrados e peixes em geral. Os três afloramentos inicialmente citados foram mais produtivos, proporcionando um bom número de dentes. O procedimento utilizado para a coleta limitou-se à prospecção visual das rochas caídas próximo às bancadas das pedreiras (por detonação exploratória), com exceção dos sedimentos do rejeito da fosforita que permitiram o seu peneiramento. O material coletado sofreu, posteriormente, preparação manual para a separação do sedimento. Além dos espécimens coletados por nossa equipe que estão depositados na coleção de paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ, utilizou-se também como material de estudo, fósseis pertencentes à coleção do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco e da coleção do Setor de Paleontologia do Departamento Nacional da Produção Mineral. Como literatura básica foram utilizados os trabalhos de Antunes (1964), Russell (1967), Muniz (1993), Price (1953a, 1957) e Albertão (1993). Alguns dentes e vértebras da coleção do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco e da coleção de paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ não pertencem a mosassauros, mas a crocodilos e peixes estão sendo apresentados nesta dissertação por representarem parte importante na análise paleocológica dos mosassauros.

O material obtido nas pedreiras foi preparado, na maior parte do tempo, mecanicamente, porém em alguns casos utilizou-se ácido clorídrico.

Os dentes pertencentes à coleção do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco estão citados com numeração provisória, já que os mesmos ainda não foram incluídos na coleção. Os exemplares foram coletados durante excursões do curso de graduação em Geologia da Universidade Federal de Pernambuco. Foram feitos moldes destes materiais que encontram-se atualmente depositados no Setor de Paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ. Para a confecção dos moldes utilizou-se materiais de uso odontológico como o alginato, mais adequado à situação por ser mais rápido e fácil a sua elaboração. Seguiu-se os procedimentos sugeridos por Cunha (1995):

1. Estimar a quantidade de alginato a ser utilizado conforme o tamanho do dente.
2. Adicionar água ao alginato por um minuto com espátula até que fique a mistura cremosa.
3. Colocar a massa rapidamente em uma caixa com um tamanho que cubra o dente (em alguns casos pode-se utilizar caixas de filme fotográfico).
4. Segurando pela base do dente que se quer replicar, introduzi-lo lentamente na massa pastosa, sem parar, deixando de fora apenas a região que está sendo sustentada.
5. Manter firme nesta posição durante dois minutos e meio, ou até que tenha desaparecido o brilho e aumentado a viscosidade da massa.
6. Esperar mais cinco minutos e remover o dente. Para evitar o ressecamento da massa, manter a caixa de cabeça em posição invertida.
7. O material que irá preencher o negativo do dente deve ser estimado conforme o tamanho do mesmo.
8. Misturar uma parte de óxido de zinco, três partes de acrílico incolor e uma parte de acrílico cor nº 65. Misturar bem os três componentes.
9. Com um conta-gotas adicionar aos poucos o acrílico auto polimerizável e misturar por dez segundos ou até que a massa fique fluida.
10. Adicionar na caixa onde está o molde e esperar endurecer por dez minutos.

Os exemplares pertencentes a mosassauros do Museu Nacional também foram replicados, porém com uma técnica diferente da supra-citada, que apesar de ser mais trabalhosa e mais demorada tem dado melhores resultados. Essa técnica foi apresentada na

reunião do XIV Congresso Brasileiro de Paleontologia (Carvalho, A. B. *et al.*, 1995 e figurado em (9A, 9B e 9C)).

Os números MN 2591-V e MN 2592-V foram coletados por Moacyr Vasconcellos, enquanto que os da numeração restante foram coletados pela equipe do Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional durante as visitas de 1994 e 1995 à Bacia Pernambuco-Paraíba.

Os exemplares de mosassauro pertencentes ao Departamento de Geologia e Paleontologia (DNPM) foram coletados em sua maioria na década de 50. Os números DGM 344-R a DGM 347-R foram coletados por Paulo Erichsen Oliveira em 1950. De acordo com a ficha que acompanha os exemplares de números DGM 455-R a DGM 462-R, o material foi trazido por Wilhelm Kegel em 1956, sem especificação do coletor. O exemplar de número DGM 239-R inicialmente foi descrito por Maury (1930) como um crocodilídeo e, mais tarde, Price (1957) descreveu-o como mosassaurídeo. O mesmo autor (Price, 1953a) fez uma descrição preliminar dos números DGM 344-R a DGM 347-R que consistem de três vértebras e um dente. Price (1957) identificou alguns dentes de mosassauros da Bacia Pernambuco-Paraíba a nível genérico e específico sem dar uma descrição detalhada desses espécimens (DGM 239-R; DGM 452-R; DGM 454-R; DGM 459-R; DGM 461-R a DGM 463-R; DGM 466-R; DGM 468-R; DGM 470-R; DGM 480-R; DGM 481-R; DGM 483-R a DGM 486-R; DGM 489-R). Junto aos exemplares com numeração provisória DGM 02 existem dois fragmentos de ossos e dois fragmentos de dentes em péssimo estado de conservação. Do mesmo modo, junto aos exemplares com numeração provisória DGM 03 existem três fragmentos de ossos, dois fragmentos de dentes, um dente de peixe e um provável coprólito.

A geologia das principais pedreiras visitadas e, de modo geral, da Bacia Pernambuco-Paraíba foi levantada, constando nesta dissertação. A autora preocupou-se, também, em determinar o mais fielmente possível o posicionamento geográfico das localidades visitadas, já que na literatura existente, os dados sobre localização dos afloramentos são muito imprecisos. Para isso, utilizou-se aparelhos rastreadores de satélite conhecido como GPS (*Global Position System*), modelos Garmin 40 e Garmin 45, que atualmente tem se constituído em ferramenta de grande valia nos trabalhos de campo (figura 9D).

Para o estudo morfológico e identificação dos dentes e das vértebras de mosassauros utilizou-se da literatura já conhecida e da comparação com os espécimens do *Carnegie Museum of Natural History (Pittsburgh)*, do *American Museum of Natural History (New York)* nos Estados Unidos, instituições visitadas no decorrer do estudo (figuras 10 e 11). Também espécimens estrangeiros da coleção do Setor de Paleovertebrados do Departamento Nacional da Produção Mineral foram utilizados para comparações.

O texto foi digitado em Microsoft Word 6.0 (Licença PGZoo/MN n^o 25534-086-0102812), algumas figuras foram preparadas no Corel Draw 5.0 (Licença PGZoo/MN n^o CD5-050-187357) e as figuras restantes no Adobe Photoshop (Licença PGZoo/MN n^o SPW300R3126018-296) todos em ambiente Windows 3.11 (Licença PGZOO/MN n^o 207-051-PV311) e Windows 95 (Licença PGZoo/MN n^o 14295-DEM-0102812).

As figuras contendo mapas e perfis foram elaboradas no computador utilizando Corel Draw 5.0. As estampas com as montagens das fotos dos dentes foram preparadas usando-se o Scanner Genius Color Page SP2 para transferir as fotos para o programa Adobe Photoshop onde receberam vários filtros para a melhoria da imagem.

Por último, apresenta-se uma visão sobre a paleoecologia do grupo, incluindo o tipo preferencial de presa de cada gênero e o paleoambiente por eles ocupado, com base em dados da literatura, paleofauna associada, análises morfológicas dos dentes e posicionamento dos mesmos no perfil estratigráfico.

2. HISTÓRICO DAS PESQUISAS NAS FORMAÇÕES GRAMAME E MARIA FARINHA DA BACIA PERNAMBUCO-PARAÍBA

2.1. A FORMAÇÃO GRAMAME

A denominação Formação Gramame foi pela primeira vez usada por Oliveira (1940) para englobar todos os sedimentos cretáceos da região costeira da Paraíba. Pouco a pouco, porém, a literatura, como era natural, foi incluindo na referida unidade, sedimentos de mesma natureza e idade, aflorantes principalmente no estado de Pernambuco. Anteriormente, Williamson (1868) e Hartt (1870) já citavam a ocorrência de formações sedimentares na faixa costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba. Cope (1886) também estudou fósseis dessa formação.

Alguns fósseis da Formação Gramame foram encontrados em 1889, em pedreiras instaladas nas bases de morros próximos à estação da Estrada de Ferro Conde D'Eu, na capital paraibana. Os fósseis foram entregues pelo Sr. H. G. Summer, então superintendente daquela ferrovia, a John Casper Branner que os analisou em 1902. Era uma pequena coleção paleontológica, constando de alguns dentes e ossos de peixe, fragmentos de carapaças de dois caranguejos e um cefalópode. Branner (1902) estudou e classificou o material juntamente com outros especialistas, identificando os seguintes táxons: *Zanthopsis cretacea*, caranguejo estudado por Richard Rathbun, *Cimolichthys* e o cefalópode *Sphenodiscus* sp. Baseado nas informações de idade fornecidas pelos especialistas a quem confiara os fósseis e também em suas observações, Branner (*op. cit.*) concluiu que aquela pequena coleção servira, antes de mais nada, para posicionar definitivamente no Cretáceo o calcário cinzento-plúmbeo aflorante nas bases das elevações da cidade de João Pessoa.

O primeiro grande trabalho sobre a geologia e a paleontologia da Formação Gramame foi realizado por Carlota Joaquina Maury, onde a autora (Maury, 1930) teceu comentários sobre afloramentos do rio Gramame e descreveu um grande número de espécies de moluscos fósseis, distinguindo dois horizontes fossilíferos: o de *Roudairia*, mais

inferior, e o de *Sphenodiscus*, o mais superior. A parte inferior da Formação Gramame, definida por Maury (*op. cit.*) como zona de *Roudairia* (antiga Formação Itamaracá, no estado de Pernambuco), apresenta uma fácies de calcário detrítico litorâneo, onde são comuns os moluscos fósseis dos gêneros *Plicatula*, *Trigonarca*, *Pseudocucullaea*, *Venericardia*, *Roudairia*, *Turritella*, *Tibia*, *Lunatia* e *Volutomorpha* (segundo Beurlen, 1967b). Na Fazenda Árvore Alta, em Alhandra, no estado da Paraíba, onde a Formação Gramame é bem representada, foram coletados na mesma época alguns exemplares de *Plicatula*, *Trigonarca*, *Pseudocucullaea* e *Venericardia*. A zona de *Roudairia* apresenta também uma fácies fosfática, sendo o afloramento mais estudado conhecido como Forno da Cal, no município de Olinda (PE), onde ocorrem foraminíferos, tubos de poliquetas, moluscos bivalves, gastrópodes, cefalópodes, equinóides, peixes e répteis mosassauros (Rebouças & Silva Santos, 1956; Oliveira, 1957a).

A parte superior da Formação Gramame, definida por Maury (1930) como zona de *Sphenodiscus*, é bem caracterizada pela abundância de amonitas, alguns de porte grande, sendo mais comuns os do gênero *Pachydiscus*.

Nas pedreiras de calcário de João Pessoa, onde a referida unidade é bem representada, além dos citados cefalópodes, são relativamente comuns o molusco bivalve de grande porte *Atrina reginamaris* (Maury), o equinóide *Hemiaster oliveirai* Santos & Cunha e o crustáceo *Palaeoxanthopsis cretacea* (Rathbun).

Oliveira & Leonardos (1943) introduziram o termo "Grupo Paraíba" para as camadas do Cretáceo. O Conselho Nacional de Petróleo, em seu relatório de 1949 publicado em 1950 (Kreidler & Andery, 1950), apresentou mapas geológicos da Bacia Pernambuco-Paraíba demarcando os afloramentos cretáceos, até então conhecidos. Oliveira & Silva Santos (1950) descreveram alguns fósseis da ilha de Itamaracá, representados por um cefalópode do gênero *Pachydiscus* e alguns dentes de peixes. Estes fósseis foram coletados num calcário cinzento em São João e na Pedreira do Presídio, estado de Pernambuco, sendo correlacionados com os do Grupo Paraíba (Formação Gramame).

Oliveira (1951) classificou uma nova espécie de gastrópode das camadas maastrichtianas de Forno da Cal, Olinda. Kegel (1953) definiu como Formação Itamaracá o arenito grosso, calcífero, com abundante fauna cretácea, encontrado na ilha de mesmo nome;

Kegel (*op. cit.*) e Oliveira & Andrade Ramos (1956) correlacionaram este arenito calcífero com o calcário da Fazenda do Congo, rio Gramame.

Price (1953a, 1953b) assinalou na Formação Gramame répteis dos grupos dos mosassauros e pterossauros. Tinoco (1955) estudou quatorze formas de foraminíferos procedentes de testemunho de sondagens efetuadas ao sul da ilha de Itamaracá, todos atribuídos à Formação Gramame. Kegel (1955) apresentou um resumo completo sobre a geologia da faixa litorânea entre Recife e João Pessoa, com mapas e seções geológicas. O mesmo Kegel (*op. cit.*), incluiu na Formação Itamaracá, até então tida como exclusivamente marinha, uma porção inferior positiva em testemunhos de sondagem, constituída de arenitos friáveis, em certos casos interdigitados com os de fácies marinha, contendo restos de plantas carbonizadas, que foram interpretadas como a fácies continental daquela formação. Nesse último trabalho, este autor assinalou que a fácies marinha também aflorava no município de Alhandra, na Paraíba.

Com as propostas de Kegel (1953, 1955, 1957), o nome Formação Gramame, no seu sentido inicial (Oliveira, 1940), perdeu parcialmente sua abrangência. Assim, na literatura geológica publicada entre os anos de 1953 e 1967, utilizou-se correntemente o nome Formação Itamaracá no sentido de Kegel, levando-se em conta os acréscimos sucessivos propostos por esse autor, inclusive o último, do Membro Beberibe. No intervalo acima mencionado, a Formação Gramame era tida como compreendendo os calcários cinzentos mais ou menos argilosos, com intercalações argilosas. Uma característica marcante da referida formação, muito mencionada no supracitado intervalo de literatura, é exibir quase sempre na sua porção basal, uma zona fosfatada que, em casos excepcionais, ultrapassa quatro metros de espessura (Kegel, 1955).

Oliveira & Andrade Ramos (1956), no mapeamento das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra, também apresentaram um resumo da geologia da bacia com a relação dos fósseis até então conhecidos. Rebouças & Silva Santos (1956) estudaram dez espécies de peixes procedentes da camada de fosfato da base da Formação Gramame no afloramento Forno da Cal, Olinda. Price (1957) assinalou na Formação Gramame três espécies de mosassauros, sendo uma do gênero *Globidens* e duas do gênero *Mosasaurus*.

Oliveira (1957a) descreveu anelídeos, moluscos bivalves, gastrópodes, cefalópodes e equinodermas, procedentes do fosfato de Forno da Cal. Beurlen (1958)

reestudou o caranguejo descrito no gênero *Zanthopsis* por Rathbun (1902), classificando-o no gênero *Palaeoxanthopsis*, e a espécie *Zanthopsis brasiliiana*, estabelecida por Maury (1930), como *Ophthalmoplax* sp.

Andrade Ramos (1959) teceu considerações sobre cefalópodes do gênero *Pachydiscus*, classificando nesse gênero 21 espécies descritas por Maury (1930) como *Parapachydiscus*. Santos (1960) e Beurlen (1966) fizeram uma revisão sistemática de equinóides do Cretáceo paraibano. Mendes (1962), estudando a gradação entre os sedimentos da Formação Gramame e Maria Farinha, propôs que esta última fosse considerada uma zona bioestratigráfica da primeira. Beurlen (1962a) descreveu novas espécies do crustáceo *Callianassa*. Tinoco (1962) classificou uma nova espécie do foraminífero *Fascipira*, restrita à Formação Gramame com exemplares procedentes de Igarçu, Recife e Olinda. Beurlen (1967a, 1967b) apresentou um mapa geológico detalhado da faixa sedimentar costeira de Pernambuco-Paraíba e propôs simultaneamente a eliminação do nome Formação Itamaracá, passando os calcários cor de camurça, os calcarenitos e arenitos calcários, todos marinhos, fóssilíferos, para a Formação Gramame; enquanto que os arenitos mesozóicos continentais inferiores, não calcíferos, e as camadas correspondentes ao antigo Membro Beberibe passaram a constituir uma nova formação sotoposta à Formação Gramame, denominada Formação Beberibe.

Mabesoone (1967) estudou a sedimentologia da área em questão utilizando-se dos métodos clássicos. Beurlen (1967b) resumiu o seu conteúdo fóssilífero e Tinoco (1967), num estudo micropaleontológico, reconheceu duas associações de foraminíferos: a de *Globotruncana contusa* e *G. stuarti*, do Maastrichtiano, encontrada na Formação Gramame, e a de *Globigeriana pseudobulloides* e *G. triloculinoides*, típicas do Paleoceno, na Formação Maria Farinha. Mabesoone *et al.* (1968) observaram a transição dos terrenos cretáceos e paleocênicos na Bacia Pernambuco-Paraíba e apresentaram uma análise micropaleontológica baseada, principalmente, em foraminíferos. Em síntese, poder-se-ia dizer que a Formação Gramame é bastante fóssilífera e paleontologicamente bem diversificada, com gastrópodes, moluscos bivalves, cefalópodes (amonóides) e principalmente equinóides e foraminíferos, distinguindo-se três biofácies associadas às respectivas litofácies (segundo Tinoco, 1967):

a) a litofácies calcária caracteriza-se pela predominância de amonóides (*Pachydiscus*, *Sphenodiscus* e *Pseudophyllites*), geralmente de grande tamanho, ocorrendo localmente o equinóide *Hemiaster* como fóssil muito comum. Os gastrópodes e bivalves são, em geral, pouco representativos (Beurlen, 1967b). Os foraminíferos também são bastante comuns, sendo que as formas planctônicas dominam inteiramente a associação com cerca de 19 espécies, atingindo 97% do total de foraminíferos. Estão representados os gêneros *Globotruncana*, *Heterohelix*, *Plummerita*, *Pseudoguembelina*, *Pseudotextularia*, *Racemiguembelina* e *Rugoglobigerina*. Entre as formas bentônicas - cerca de 20 espécies - destacam-se *Plectina*, *Lenticulina*, *Dentalina*, *Vaginulina*, *Nodosaria*, *Neoflabelina*, *Loxostomum*, *Brizalina* e *Cibicides*. Nos sedimentos basais dessa fácies, onde ocorre certa proporção de fosfatos, observa-se maior quantidade de grandes foraminíferos *Siphogenerinoides* e *Pseudogaudryinella*. Estes gêneros vão desaparecendo progressivamente em direção ao topo. Ocorrem também ostracodes dos gêneros *Cytherella*, *Cypheropterion* e *Cythereis*. Em algumas camadas são comuns tubos de vermes poliquetos do gênero *Hamulus*. Dentes de peixes são raros;

b) na litofácies arenosa há predominância de moluscos bivalves e gastrópodes, enquanto os amonóides são raros. São comuns os gêneros *Plicatula*, *Trigonarca*, *Pseudocucullaea*, *Cucullaea*, *Venericardia*, *Veniella*, *Turritella*, *Tibia*, *Lunatia* e *Voluptomorpha*. A microfauna está mal representada, constituída de raros exemplares de *Globotruncana*;

c) na litofácies fosfática predominam conchas ou valvas de tamanho médio ou pequeno. Os gastrópodes são mais freqüentes que os bivalves, sendo mais comuns os gêneros *Plicatula*, *Venericardia*, *Lucina*, *Xenophora*, *Helicaulax* e *Cypraea*. A maioria dos microfósseis aparece sob a forma de moldes internos fosfatizados. Encontram-se, ainda, foraminíferos, coprólitos, ostracodes, dentes de peixes e pequenos moluscos. Dentre os foraminíferos, destacam-se moldes internos de *Siphogenerinoides*, *Epistominella* e *Fallotia santosae*, estando esta espécie restrita às zonas de maior teor de fosfato. Encontram-se, também, *Globotruncana* e *Rugoglobigerina*.

Na Formação Beberibe, Beurlen (1967a, 1967b) reconheceu a zona *Pseudoschloenbachia*, indicando idade neosantoniana ou campaniana. Na Formação Gramame reconheceu-se a zona *Sphenodiscus*, correspondente às duas zonas de associação

de foraminíferos, *Fallotia santosae* e *Globotruncana contusa* - *G. stuarti*, respectivamente. Tanto os amonóides como os foraminíferos indicam idade maastrichtiana. Segundo pesquisas de Beurlen, K. (1967a, 1967b) e Beurlen, G. (1982), Tinoco (1967, 1971a, 1971b, 1976) e Mabesoone *et al.* (1968), atribui-se a essa formação a idade maastrichtiana, com base em estudos micropaleontológicos. Alguns autores (Maury, 1930; Lima, 1985; Muniz, 1993) consideraram a parte inferior da Formação Gramame constituída de calcarenitos e calcários cor de camurça como de idade campaniana, e a fácies fosfática, de acordo com Lima (1985), pertenceria ao neocampaniano. Já Tinoco & Siqueira (1976) consideraram essa fácies como idade maastrichtiana. Na Formação Maria Farinha foi reconhecida a zona de moluscos *Cimomia pernambucensis* - *Hercoglossa lamegoi*, que corresponde à zona-associação de foraminíferos, *Globigerina pseudobulloides*, *G. variante* e *G. triloculinoides-Chilloguembelina*, conferindo-lhe idade paleocênica. As correlações fossilíferas entre as espécies da Bacia Pernambuco-Paraíba e as espécies da África são observadas, embora já ocorram também formas encontradas no Maastrichtiano da América do Norte.

Mabesoone & Alheiros (1988) apresentam uma carta estratigráfica para a Bacia Pernambuco-Paraíba que optamos por adotar como referência nesse estudo (figura 2).

2.2. A FORMAÇÃO MARIA FARINHA

O nome da Formação Maria Farinha foi introduzido na literatura geológica por Eusébio de Oliveira em 1940. Está sobreposta à Formação Gramame numa faixa estreita, próxima ao litoral, desde a cidade de Recife até o rio Goiana. Seus melhores afloramentos estão na pedreira da Fábrica de Cimento Poty e na Pedreira São Bento, ambos no município de Paulista, estado de Pernambuco. Nestes afloramentos, predomina uma fácies de calcários detríticos puros na parte inferior, com alternância de calcários argilosos, margosos e argilas na parte superior, caracterizando um ambiente litorâneo.

Rathbun (1875) classificou uma pequena coleção de moluscos bivalves da localidade de Maria Farinha, indicando para os mesmos a idade cretácea. White (1887) estudou a grande coleção obtida nas proximidades de Recife, em terrenos tidos hoje como da Formação Maria Farinha, e indicou para os mesmos também a idade cretácea. A idade da formação foi discutida por Branner (1889, 1900, 1902) e Derby (1907), já que anteriormente

a mesma formação era considerada cretácea por Hartt (1875a). Maury (1924), num capítulo sobre os depósitos de Olinda e Maria Farinha, apresentou a história dos trabalhos paleontológicos das referidas localidades e determinou para as mesmas a idade eocênica basal, comparando os seus fósseis com os das camadas mais inferiores de Soldado Rock entre Venezuela e Trinidad. A descoberta do fosfato em Olinda e Paulista (Duarte, 1949) estimulou os primeiros grandes levantamentos geológicos na área. Oliveira & Andrade Ramos (1951) apresentaram um estudo da geologia do município de Olinda com medições detalhadas de perfis estratigráficos da Formação Maria Farinha, correlacionando-a com o grupo Midway, da América do Norte, cuja idade foi atribuída ao Paleoceno. Ainda Oliveira (1953) descreveu os nautilóides da formação em questão e Dolianiti (1955) classificou uma nova espécie de *Nipa*, com base em frutos do citado gênero de palmeira, assinalando-o pela primeira vez na América do Sul, com material procedente de Maria Farinha.

Oliveira & Andrade Ramos (1956) e Beurlen (1959) fizeram um resumo completo sobre a Formação Maria Farinha, apresentando uma relação de fósseis e tecendo comentários paleontológicos sobre a unidade.

Tinoco (1963) descreveu os primeiros restos de esclerodermítos de holoturóides, além de placas de equinóides procedentes de uma sondagem em Olinda, das camadas basais da Formação Maria Farinha. Oliveira & Santos (1969) apresentaram revisão sistemática dos moluscos bivalves e Buge & Muniz (1974) estudaram uma nova espécie de briozoário lunulitiforme da citada formação.

A Formação Maria Farinha é bem caracterizada pelos nautilóides *Cimomia pernambucensis* (Maury) e *Hercoglossa lamegoi* Oliveira, sendo esta última espécie muito freqüente na pedreira da Fábrica de Cimento Poty. Neste afloramento, o fóssil mais abundante é o gastrópode *Campanile buarquianus* (White). Em certa quantidade também são encontradas tenazes de *Callianassa*. Segundo Beurlen (1967b), este gênero indica ambiente litorâneo de águas rasas. Na Pedreira de São Bento, há uma dominância completa de moluscos bivalves, sendo representados apenas por seus moldes (Brito, 1979).

3. A EVOLUÇÃO DA BACIA PERNAMBUCO-PARAÍBA

Os estudos desenvolvidos na presente Dissertação de Mestrado, situaram geocronologicamente as rochas sempre muito próximas ao limite Cretáceo-Terciário, onde, segundo dados mundialmente conhecidos, é notória a extinção de um grande número de grupos biológicos, entre estes a maioria dos répteis marinhos vivos à época. Como na literatura o grupo dos mosassauros tem representação apenas até o topo do Maastrichtiano, mantivemos nosso estudo neste limite abordando algumas características geológicas deste marco.

No Brasil, os dados disponíveis sobre as bacias marginais, indicam que a passagem Cretáceo-Terciário, seja ela contínua ou não, pode ser observada nas seções marinhas, em geral, em ambiente de talude (Albertão, 1993).

3.1. GEOLOGIA DA BACIA PERNAMBUCO-PARAÍBA

A Bacia Pernambuco-Paraíba é constituída por terrenos cretáceos e terciários que se estendem numa faixa estreita desde o sul de Recife até o norte de João Pessoa, no nordeste brasileiro, com uma largura máxima de 40 km, sendo delimitada por falhamentos (figuras 1 e 2).

A seqüência sedimentar da bacia compreende as formações Beberibe, Gramame e Maria Farinha, incluídas no Grupo Paraíba, que está em contato direto com o embasamento Pré-Cambriano (figura 2).

A faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa, denominada por alguns autores como bacia ou sub-bacia Central Recife-João Pessoa, constitui área de sedimentação, limitada ao norte e ao sul por falhas. Esta faixa é subdividida em grábens e semi-grábens por falhamentos perpendiculares à linha da costa. Segundo Petri & Fúlfaro (1983), é possível que os lineamentos da Paraíba e de Pernambuco tenham sofrido reativações no final do Santoniano, provocando o desvio do rio São Francisco para sua foz atual. O maior lobo deltáico desta formação, coincidindo com a área da foz, sugere que este rio já desembocava aproximadamente na posição de sua atual foz, nos tempos de deposição da Formação

Piaçabuçu (Bacia Sergipe-Alagoas). Ponte & Asmus (1976), citando autores anteriores, procuraram destacar esta possibilidade, embora não tivessem apresentado evidências.

A Bacia Pernambuco-Paraíba apresenta uma evolução muito distinta das demais bacias sedimentares costeiras do nordeste, uma vez que nestas a reativação mesozóica manifestou-se por grandes falhamentos de tração, originando as fossas tectônicas. Esta bacia é uma área menos subsidente, onde não está representada uma fossa tectônica típica, como por exemplo a Bacia do Recôncavo, sendo caracterizada como um homoclinal (Mabesoone & Alheiros, 1988). Não são evidentes também eventos ígneos na parte emersa da bacia (Cordani *et al.*, 1984). A espessura de sedimentos varia entre 1.000 e 1.500 metros, mergulhando suavemente para leste, podendo atingir 3.000-4.000 metros sobre o Platô de Pernambuco (Mabesoone & Alheiros, *op. cit.*). A Bacia Pernambuco-Paraíba foi a última bacia marginal brasileira a ser afetada pela reativação mesozóica, relacionada com a abertura do Atlântico Sul e a separação dos continentes sul-americano e africano (Silva, 1993).

O Grupo Paraíba é recoberto localmente pela Grupo Barreiras, em analogia ao que ocorre com a maioria das bacias sedimentares marginais brasileiras. Em outros pontos da bacia, constata-se a presença de seqüências turbidíticas e sedimentos pelágicos sobrepostos ao Grupo Paraíba (Silva, 1993).

A estreita faixa sedimentar aflorante que recobre a zona litorânea dos estados de Pernambuco e da Paraíba, bem como a região sul do Rio Grande do Norte, é, na realidade, subdividida em diversas sub-bacias, a saber Cabo, Olinda, Alhandra e Canguaretama (Mabesoone & Alheiros, 1988). Estas sub-bacias apresentam sedimentação distinta. No trecho entre as cidades de Recife (estado de Pernambuco) e João Pessoa (estado da Paraíba) encontram-se as sub-bacias Olinda e Alhandra, que apresentam afloramentos com rochas do Neocretáceo e do Eoterciário do Grupo Paraíba (Tinoco, 1976).

A seqüência Beberibe-Gramame-Maria Farinha constitui um ciclo transgressivo-regressivo, com transgressão rápida, seguida de relativa estabilidade, e regressão um pouco mais demorada. De acordo com Mabesoone (1967), durante o Santoniano houve um levantamento do continente, composto sobretudo de rochas cristalinas intemperizadas, que resultou em aceleração da erosão e transporte por pequena distância.

A Formação Beberibe, de idade campaniana-santoniana, é constituída por clásticos grossos a finos, de fácies fluvial entrelaçada e flúvio-lagunar a flúvio-deltaica. Em

direção ao litoral, o primeiro sistema deposicional desta formação passa de plataforma rasa a costeira, com arenitos carbonáticos calcários. Há indícios, ainda não comprovados por sondagens, de que na base da unidade acha-se um pacote conglomerático presente nos baixos da superfície pré-Beberibe, que corresponderia a depósitos de leques aluviais associados (Mabesoone & Alheiros, 1988). A associação fossilífera, monótona e com pequena diversidade, revela predomínio de espécies de moluscos bivalves e gastrópodes, especialmente eurihalinos. O ambiente seria provavelmente uma lagoa de águas rasas mais ou menos fechada, com salinidade bem reduzida. Entretanto, o mar deveria estar próximo (Petri & Fúlfaro, 1983).

O nome Beberibe foi inicialmente empregado por Kegel (1957), utilizando a designação de Membro Beberibe para o conjunto de camadas de arenito cinzento, mais ou menos frouxo, contendo muitos fósseis marinhos em alguns níveis, intercaladas em estratos de fácies continentais. Este autor, na ocasião, subordinou o Membro Beberibe à Formação Itamaracá, sendo esta bastante fossilífera, e também por ele proposta em 1953.

Atualmente, por proposta de Beurlen (1967a), adota-se o nome Formação Beberibe, porém com abrangência reduzida em relação à proposição inicial de Kegel. Apenas são considerados como pertencentes à formação cerca de 200 metros de arenitos não calcíferos, que comumente se interdigitam com cerca de 100 metros de arenitos calcíferos, ficando estes últimos excluídos da formação e considerados à parte. Beurlen (*op. cit.*) propusera incluir todos os arenitos calcíferos inferiores na Formação Beberibe.

A Formação Beberibe assenta discordantemente sobre o embasamento cristalino pré-cambriano. Aflora em grande extensão, ocupando grande parte da borda oeste da faixa sedimentar costeira, isto é, por quase todos os planaltos por onde corre a estrada central Recife-João Pessoa, formando chapadas a oeste desta estrada (Petri & Fúlfaro, 1983).

A seqüência se inicia por espesso pacote de arenitos monótonos, de granulação variável, cimento argiloso ou ferruginoso, geralmente friável. Os arenitos variam de conglomeráticos a finos, de coloração amarelada a esbranquiçada. Localmente ocorrem depósitos sílticos a argilosos (Mabesoone, 1967). A espessura ultrapassa 300 metros.

A Formação Beberibe é recoberta concordantemente pela Formação Gramame (de idade maastrichtiana), interdigitando-se parcialmente com esta. A Formação Gramame mostra duas fases principais: uma primeira, de transgressão; e uma segunda, de

bacia ou, pelo menos, de uma estabilidade relativa com uma certa profundidade, talvez de plataforma continental (Mabesoone, 1967). Esta formação se inicia por um arenito bem selecionado, muito calcífero, passando para um horizonte de coquina fosfática. Esta litofácies passa, acima, para uma litofácies calcária, caracterizada por relativa homogeneidade. Trata-se, sempre, de calcários margosos, cuja estratificação é ressaltada por delgadas películas de argila. Na base da formação é possível encontrar calcários dolomitizados. A coloração é cinza, passando a creme devido ao intemperismo. A espessura da Formação Gramame no estado de Pernambuco é de aproximadamente 30 metros. As camadas revelam um mergulho para leste, possuindo ondulações suaves, no sentido norte-sul, a que está, em parte, subordinada a topografia costeira (Oliveira & Andrade Ramos, 1956).

A fácies arenosa da Formação Gramame exhibe aspectos indicativos de deposição em ambientes litorâneos. Ocorrem depósitos característicos de praia, tendo em vista o tamanho e o grau de seleção das areias, com a fragmentação dos fósseis sugerindo ação de vagas. Estes fósseis são constituídos predominantemente de moluscos bivalves e gastrópodes grandes e com conchas espessas, concentrados em certos níveis, o que sugere a existência de águas muito movimentadas. A microfauna é inexpressiva, mas os foraminíferos indicam comunicação com o mar (Petri & Fúlfaro, 1983).

A fácies areno-fosfática da Formação Gramame contém conchas predominantemente de tamanho médio a pequeno, sendo os gastrópodes mais freqüentes que os bivalves. Tratar-se-ia, provavelmente, de uma lagoa de águas muito rasas, pouco movimentadas e turvas, a julgar pela raridade de foraminíferos planctônicos, cuja presença indicaria comunicação com o mar. A fácies arenosa e a areno-fosfática constituem a fase de transgressão, onde em alguns afloramentos e perfurações pode-se observar a interdigitação entre a Formação Gramame e a Formação Beberibe.

A fácies calcária da Formação Gramame sugere origem em ambiente nerítico com fundo lodoso, relativamente distante da costa. Esses calcários são separados por camadas de argilas calcárias mais escuras. Tais camadas argilosas têm espessura variável entre 15 e 30 centímetros, podendo ser observados preenchimentos de túneis escavados por crustáceos que, quase sempre, apresentam um desenvolvimento morfológico compatível com o icnogênero *Thalassinoides*, também mencionado nas camadas da superposta Formação Maria Farinha (Muniz & Ramirez, 1977). Esta unidade representa a fase de maior extensão

da transgressão marinha. Em consequência deste fato, a fauna é abundante e variada. Os foraminíferos bentônicos são abundantes na parte inferior; já na parte superior, os planctônicos podem chegar a 97% dos foraminíferos - dado sugestivo de águas profundas, do talude continental. No entanto, Tinoco (1967) acreditou tratar-se de um caso isolado e o ambiente, embora afastado da costa, ainda seria de plataforma continental. Neste caso os foraminíferos planctônicos poderiam indicar águas límpidas, com eventual indício de clima tendendo para seco. De acordo com Mabesoone (1967), existiriam vales nos lugares onde hoje se encontram os maiores rios da área litorânea; camadas marinhas de transgressão penetrariam continente adentro nestes vales por uma distância maior. Em direção ao continente, o ambiente não-marinho persistiria com a consequente deposição dos sedimentos da Formação Beberibe. Interdigitações com a Formação Gramame indicariam movimentos oscilatórios da linha da costa durante a transgressão. Na parte mais superior da Formação Gramame aparecem ocasionais bancos de coquina e de calcários detríticos, denotando movimentos oscilatórios da linha da costa com início da tendência à regressão.

A Formação Maria Farinha repousa concordantemente sobre a Formação Gramame. Os amonóides dos gêneros *Sphenodiscus* e *Pachydiscus* da Formação Gramame são substituídos por nautilóides dos gêneros *Cimomia* e *Hercoglossa* na Formação Maria Farinha, assim como os foraminíferos *Globotruncana contusa* e *G. stuarti* por *Globigerina pseudobulloides* e *G. triloculinoides* (segundo Brito, 1979). White (1887) determinou para esta formação uma idade cretácea. Brito (1990) sugeriu como sendo a Formação Gramame que possui distribuição cronoestratigráfica até o Paleoceno. Trabalhos recentes efetuados pela PETROBRÁS apontam para a existência de camadas ainda cretáceas na base da Formação Maria Farinha, assim como a deposição terciária de material cretáceo retrabalhado. Esta polêmica cronológica ocorre, provavelmente, porque o capeamento da Formação Gramame pela Formação Maria Farinha é restrito a uma faixa litorânea estreita, entre Recife e o vale do rio Goiana. Há uma significativa mudança no conteúdo fossilífero na passagem da Formação Gramame para a Formação Maria Farinha, embora este fato não permita traçar os limites estratigráficos precisos (Silva, 1993). Pode-se notar que, assim como na Formação Gramame, na Formação Maria Farinha, em geral, há um mergulho para leste com camadas onduladas no sentido norte-sul.

A Formação Maria Farinha é constituída de quatro tipos de sedimentos, sucedendo-se na vertical (Mabesoone, 1967). A partir da base ocorrem calcários litográficos a sublitográficos, sendo classificados de acordo com Folk (1959, 1962) como micritos azóicos ou calcários microcristalinos; este tipo é chamado, localmente, de calcário vidro. Acima desta camada ocorrem calcários detríticos finos e puros, interpretados como biomicritos (com 10% de fósseis) e micritos fossilíferos (1 a 10% de fósseis), com muita pirita e com glauconita preenchendo os microfósseis. Sobrepostos, encontram-se calcários detríticos, constituindo-se de pelmicritos, com matriz microcristalina e pelotas compostas de calcita fina, contendo ainda camadas de dolomitos. No topo da seqüência ocorrem calcários detríticos argilosos constituídos de biomicritos e micritos fossilíferos, com fósseis piritizados e argilas calcíferas. A parte insolúvel de todos esses calcários constitui-se de quartzo de tamanho areia média a fina, anguloso, muitas vezes com superfícies foscas (Mabesoone, *op. cit.*). A espessura da Formação Maria Farinha é de cerca de 30 metros, podendo apresentar ocasional espessamento em direção à plataforma continental.

Na microfauna da Formação Maria Farinha os foraminíferos planctônicos não excedem 12% do total de foraminíferos. As formas bentônicas são sugestivas de águas quentes, límpidas e relativamente calmas, de profundidade não inferior a 50 metros. A profundidade e a distância da costa seriam menores do que as que controlaram a deposição da Formação Gramame. O mar seria estável com rica flora de algas calcárias, eventualmente responsáveis pela precipitação dos calcários puros dessa formação. Segundo Mabesoone (1967), a parte não-calcária da Formação Maria Farinha aumenta de baixo para cima, sendo uma das evidências da natureza regressiva de sua deposição. De acordo com Beurlen (1967b), nesta formação são encontrados restos de *Callianassa*, crustáceo decápode, indicativo de ambiente litorâneo de águas muito rasas. Nos bancos argilosos da parte superior da formação, às vezes, são comuns carapaças dos equinodermas *Plagiolophus* e *Retrocypoda*, animais típicos de ambientes análogos aos de mangue.

A regressão do fim do Maastrichtiano é evidenciada pela extensão mais reduzida do mar da Formação Maria Farinha. Embora ainda não demonstrada, pode-se esperar interdigitação entre a Formação Maria Farinha e depósitos não-marinhos, que representariam a continuação da Formação Beberibe, nos tempos paleocênicos (Petri & Fúlfaro, 1983).

Recentes estudos na Bacia Pernambuco-Paraíba (Albertão *et al.*, 1993a) resultaram na determinação do limite Cretáceo-Terciário. Este limite está situado na camada I, definida por estes autores, da Formação Maria Farinha na Pedreira Poty (Pernambuco), onde observam-se anomalias de irídio e da taxa de carbono orgânico, presença de tsunamito e extinções da biota.

A Grupo Barreiras recobre erosivamente rochas do embasamento cristalino e do Grupo Paraíba, podendo encontrar-se mesmo sobre o embasamento. São sedimentitos continentais (flúvio-deltaicos) com idade tentativa plio-pleistocênica.

Os sedimentitos são compostos por argilitos, arenitos finos, arenitos grosseiros a conglomeráticos, os dois últimos com coloração variável, mas com predominância de tonalidades roxas, vermelhas, acinzentadas e amareladas, com freqüentes e diversas estruturas sedimentares. Tais sedimentitos são considerados, em geral, afossilíferos, o que tem dificultado a datação (Muniz, 1993). Bigarella & Andrade (1964) foram os primeiros a iniciarem estudos sistemáticos deste complexo, determinando nas vizinhanças da cidade de Recife duas formações para o "Grupo" Barreiras: Formação Riacho Morno (mais recente) e Formação Guararapes (mais antiga).

3.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS DOS FOSFORITOS DA FAIXA SEDIMENTAR COSTEIRA PERNAMBUCO-PARAÍBA

Os fosforitos da faixa sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba foram estudados por vários autores, dentre os quais podemos citar Tinoco (1971a, 1971b), que indicou uma origem primária para tais fosforitos, e Menor (1975), que chegou à conclusão que se trata de um depósito retrabalhado.

A fácies fosfática consiste de um corpo descontínuo lenticular de arenitos argilosos fosfatados, com um pequeno componente de carbonato. A camada compacta varia de uns poucos centímetros para um máximo de quatro metros. O conteúdo de P_2O_5 varia consideravelmente, de 1 a 35%. O fosfato é muito friável e de cor amarelada. A parte detrítica apresenta areias e argilas, encontrando-se na areia quartzo, microclina, pequenas calcitas romboédricas, cristais de dolomita e uns poucos nódulos de calcário; enquanto que a argila

ilítica funciona como matriz e parcialmente como cimento. A parte química e bioquímica é composta de organismos fosfatizados, calcita, dolomita, nódulos e grãos de fosfato. O verdadeiro fosfato, na forma de fluorapatita, é representado por microfósseis fosfatizados (principalmente foraminíferos), coprólitos e parte algal (Menor, 1975). A parte inferior do fosfato, geralmente, é argilosa, sendo a parte superior, mais calcífera (Kegel, 1955).

Este fosfato se formou no início da transgressão marinha na Formação Gramame. Na porção basal, há ainda certa porcentagem de detrito oriundo, provavelmente, do retrabalhamento do arenito ou da areia subjacente. A seguir, inicia-se a formação do fosfato, após o término da sedimentação do material detrítico, que é substituído, pouco a pouco, por calcário. A interrupção da sedimentação clástica e a mudança de fácies, em consequência da transgressão, formaram condições essenciais para a formação de fosfato. Isso possibilitou a acumulação de restos orgânicos em grande número, principalmente de foraminíferos, coprólitos, moluscos, de dentes e ossos de peixes e répteis, entre outros, representando uma fauna de plataforma continental. A sedimentação processou-se muito devagar. O fosfato enriqueceu-se onde a mudança do ambiente era mais abrupta, isto é, onde o mar transgrediu por cima da fácies continental do arenito Itamaracá (base do Gramame). Esta faixa de grande instabilidade da fácies, durante o período anterior, era exatamente a zona mais favorável para a acumulação do fosfato (Kegel, 1955).

O horizonte estratigráfico do fosfato é conhecido entre as cidades de Recife e João Pessoa. Em geral, o fosfato é coberto pela parte superior da Formação Gramame ou, eventualmente, pela Grupo Barreiras. Como já foi dito, é uma zona de transgressão caracterizada por interrupção e forte redução da sedimentação clástica, transição da sedimentação arenosa para calcária e pela diversidade biótica (peixes, répteis, moluscos, foraminíferos, coprólitos). O fosfato mais rico em P_2O_5 fica na zona de transgressão sobre a fácies continental; na zona de sedimentação marinha o teor em P_2O_5 é baixo (Kegel, 1955).

Conforme vários estudos, depósitos de fosfatos marinhos originam-se sob as seguintes condições:

a) em ambiente marinho raso, devido ao aspecto liso ou menos atacado nos nódulos fosfáticos, à presença de quartzo em abundância e ao conteúdo de fósseis bentônicos, muitas vezes quebrados (Bushinski, 1964);

- b) ocorrência sob condições de clima quente, com ressurgência de correntes profundas sobre áreas marinhas rasas, geralmente na faixa dos aliseos em latitudes até aproximadamente 20°S (Sheldon, 1964);
- c) existência de uma forte aridez no continente adjacente, resultando num reduzido fornecimento de material detrítico fino, em águas quentes no fundo, com pH alto e uma salinidade um pouco mais acima do normal (Bromley, 1967; Gulbrandsen, 1966);
- d) acumulação na base de uma seqüência transgressiva na margem de uma área cratônica (Ruchin, 1958);
- e) presença de abundantes algas, capazes de assimilar o fósforo da água do mar, impedindo um desenvolvimento completo dos organismos bentônicos, de maneira que a fauna seja composta de exemplares jovens (Tinoco, 1971a, 1971b);
- f) substrato sedimentar rico em detrito orgânico, com a camada de oxigênio-mínimo (a camada de água oceânica na qual perfis verticais de oxigênio dissolvido mostram valores mínimos) em contato com o fundo, e com pequenas, porém não desprezíveis, concentrações de carbonato de cálcio no sedimento (Manheim *et al.*, 1975).

Em geral, os depósitos fosfáticos marinhos, em grande quantidade, acumularam-se apenas durante poucos períodos geológicos. Isto faz supor que as mudanças do nível do mar também controlam em parte a deposição de fosforitos (Cooper, 1977). Conforme Piper & Codispoti (1975), um aumento na extensão areal da camada de oxigênio-mínimo, que se encontra comumente em profundidade entre 200 e 500 metros, resultaria numa perda acentuada de nitrogênio nesta zona e conseqüente diminuição da concentração de nitrogênio nos oceanos e, por isso, num enriquecimento do conteúdo fosfático até o ponto de precipitação. Sob condições aeróbicas, o fosfato liga-se aos íons de ferro e manganês, tornando-se insolúvel, fato que parece esclarecer que, na base das seqüências transgressivas em ambiente de água rasa, os fosfatos são compostos de pelotilhas e pequenos nódulos, muitas vezes moldes internos de foraminíferos (Manheim *et al.*, 1975).

Mabesoone (1991) admitiu uma ponte terrestre, ora emersa, ora submersa, ligando os continentes africano e o sul-americano, principalmente no nordeste brasileiro, estendendo-se até o fim do Cretáceo. Nessa bacia marinha mais estreita e parcialmente fechada, o fosfato se depositou sob um clima supostamente quente e bastante seco do fim do Cretáceo (Mabesoone, 1975b), possivelmente devido à proximidade das duas massas

continentais e um golfo oceânico ou oceano estreito incapaz de aumentar a umidade. Mabesoone (1981) explicou a ocorrência desse fosfato da seguinte maneira: em geral, a acumulação dos sedimentos ricos em fosfato é consequência de uma ressurgência de águas oceânicas profundas e frias, sobre uma área mais rasa, comumente plataformal. Desta maneira, as rochas fosfáticas são encontradas nas bordas ocidentais dos continentes, onde as correntes marinhas frias espalham suas águas sobre plataformas submersas rasas. No caso dos fosfatos de Olinda e Alhandra, os mesmos são encontrados na margem oriental do continente. Tal fato pode ser explicado por uma ressurgência de águas mais profundas do Oceano Atlântico Sul, subindo contra uma barreira em forma de soleira ou ponte terrestre, num oceano ainda estreito, com o espalhamento de águas ricas em fósforo nos continentes sul-americano e africano ainda próximos um do outro.

Também é necessário destacar a ocorrência de foraminíferos planctônicos no depósito. As formas planctônicas necessitam de um mar aberto para a circulação oceânica, embora sejam suficientes as correntes superficiais. Isto, de fato, aconteceu durante o Maastrichtiano, época de transgressão, com a ponte continental submersa. Entretanto, a acumulação de material planctônico dentro de um depósito de plataforma rasa, só é possível quando esta plataforma é bastante estreita (Mabesoone, 1991).

Os fosforitos ocorrem concentrados em certos níveis. Tal concentração não demonstra ser pós-deposicional, uma vez que o material se apresenta em forma de nódulos e pelotilhas, os quais não poderia ser deslocados dentro do próprio depósito por processos diagenéticos. Desta maneira, uma tal concentração, com gradativa, porém rápida, diminuição para cima e para baixo, indica uma deposição rápida e conseqüentemente sob ótimas condições, como sugeriu Giresse (1978a). A observação de Menor (1975) de se tratar de um depósito retrabalhado, devido ao seu aspecto noduloso e à concentração em níveis, não é comumente aceita, preferindo-se falar numa acumulação *in situ* por substituição, como ocorre atualmente na costa sul do Peru e norte do Chile (Manheim *et al.*, 1975) e da África do Sul (Birch, 1978).

Mabesoone (1991) fez uma comparação com o estudo feito por Giresse (1978b) nas ocorrências de fosforitos do Congo (depósitos Holle da Bacia de Poite-Noire), na qual este autor chegou a evidências e conclusões idênticas ao que se pode aplicar na faixa

sedimentar costeira de Pernambuco-Paraíba, pensando num ambiente deposicional perto da costa, extremamente raso, até mesmo com influências lagunares.

Em síntese, podemos admitir as seguintes condições e circunstâncias na acumulação dos fosforitos de Pernambuco:

- a) ressurgência de águas frias e nutritivas contra uma ponte continental submersa em oceano estreito;
- b) espalhamento do material sobre uma plataforma estreita;
- c) eflorescência de abundantes algas fixadoras de fosfato, nas faixas costeiras, sobre substrato arenoso favorável, isto é, perto da foz dos rios;
- d) clima quente e seco, com pouco fornecimento de material detrítico do continente;
- e) fosfatização dos microfósseis e fragmentos orgânicos, formando nódulos e pelotilhas;
- f) sedimentação do fosfato rápida e durante curto período, com concentração do material em níveis pouco espessos (Mabesoone, 1991).

De acordo com Mabesoone (1991), a maior parte do fosfato depositou-se no lado africano, nos depósitos do Congo (Giresse, 1978b). Uma parte, porém, conseguiu acumular-se no lado brasileiro, em Pernambuco-Paraíba, devido à estreiteza do oceano. O vulcanismo que ocorreu nesta fase, devido à separação dos continentes e efetivo crescimento do oceano, liberou flúor nas águas, contribuindo ainda mais para tal acumulação.

Conforme os dados apresentados acima sobre os depósitos fosfáticos de Pernambuco e Paraíba, chega-se às seguintes conclusões:

- a) as conclusões tiradas sobre origem dos fosforitos d'água rasa parece confirmar os dados conhecidos sobre depósitos semelhantes no resto do mundo.
- b) a ocorrência, a situação paleogeográfica inferida e a presença do foraminífero *Fallotia santosae*, permite localizar outros depósitos ainda não conhecidos.
- c) os caracteres sedimentológicos levam à conclusão de uma deposição em plataforma rasa, com forte ressurgência e fornecimento quase nulo de material terrígeno, sob condições não muito agitadas (Mabesoone, 1991).

3.3. GEOLOGIA DA PEDREIRA POTY

A geologia da pedreira Poty é analisada em destaque por ser esta a localidade que forneceu dados mais significantes para nossos estudos de natureza geopaleontológica.

Dos afloramentos visitados, a Pedreira Poty é a que possui o pacote carbonático mais completo, motivo pelo qual é tratada com destaque nesta dissertação. Nela observa-se quase totalmente a seqüência estratigráfica das formações Gramame e Maria Farinha, obtendo-se, ainda, dados de suma importância sobre o limite Cretáceo-Terciário. A Pedreira CIPASA (Cimento da Paraíba S.A.) também apresenta uma boa exposição dos carbonatos, porém nela encontram-se apenas as camadas mais inferiores da Formação Gramame.

Um detalhado trabalho de descrição geológica desta pedreira foi realizado pelo Geólogo Gilberto Athayde Albertão (DESUD/PETROBRÁS) em sua Dissertação de Mestrado (Albertão, 1993) e publicado em Albertão & Martins Jr. (1992), Albertão *et al.* (1993a, 1993b) e Albertão *et al.* (1994), trabalhos que, associados com nossas observações de campo, serviram como base para elaboração deste capítulo.

Albertão (1993), quando realizou seu trabalho de prospecção geológica, encontrou a Pedreira Poty dividida em quatro bancadas. Em dezembro de 1994, porém, observou-se uma nova bancada em um nível mais baixo que a primeira bancada citada por Albertão (*op. cit.*). Em síntese, a pedreira possui, atualmente, cinco bancadas. Nas duas primeiras, da base para o topo, encontra-se a Formação Gramame sendo que, a segunda bancada de baixo para cima ainda possui o início da Formação Maria Farinha; e nas seguintes, a Formação Maria Farinha por completo.

De acordo com as descrições de Mabesoone *et al.* (1968), Stinnesbeck (1989) e do próprio Albertão (1993), há uma homogeneidade maior na composição dos litossomas da Formação Gramame em relação à composição daqueles da Formação Maria Farinha.

A Formação Gramame na Pedreira Poty é composta por seqüências espessas de calcários e margas intercalados. Essas camadas espessas são constituídas de um grande número de laminações milimétricas, descontínuas. O contato litológico entre as

formações Gramame e Maria Farinha foi estabelecido por Albertão (1993), a cerca de 58 centímetros abaixo do piso entre as atuais segunda e terceira bancadas. O mesmo contato pode ser determinado 30 quilômetros a norte, na Ponta do Funil. Entre as margas e calcários, em especial nas margas, são notáveis as bioturbações de grandes dimensões.

Em termos petrográficos, a seqüência de litossomas pode ser caracterizada como uma alternância de *mudstones/wackestones* a planctônicos, com maior ou menor teor de argila e variação no conteúdo de bioclastos. Ocorre a preservação de material micrítico e pouca recristalização visível. Dentre os componentes básicos, devem ser citadas a predominância de foraminíferos planctônicos (e, de modo secundário, bentônicos) e a presença de calcisferulídeos, radiolários e equinodermas. Eventualmente, a porção interna das câmaras dos foraminíferos planctônicos aparece recristalizada (em um mosaico de calcita espática), enquanto de forma esporádica, ocorrem fragmentos fosfatizados de vertebrados e grãos de siliciclásticos, sobretudo quartzo, na granulometria silte.

Em sua Dissertação de Mestrado, Albertão (1993) dividiu as camadas do contato entre as formações Gramame e Maria Farinha enumerando-as de A a N, sendo A, B e C pertencentes à Formação Gramame e D, F, G, H, I, J, K, L, M e N pertencentes à Formação Maria Farinha.

As camadas A (40 centímetros - localmente chamada Marga I), B (25 centímetros - Poty I) e C (15 centímetros - sem nome local) são semelhantes entre si com B e C mostrando uma aparência nodular. Apresentam, em termos gerais, fragmentos fosfatizados (principalmente na camada A, diminuindo de intensidade em direção à C) e piritização em câmaras de foraminíferos, tubos e em grãos dispersos nas lâminas delgadas. Observam-se, ainda, processos intensos de bioturbação horizontal e vertical, com a camada C exibindo maior quantidade de material margoso. Dentre os bioclastos presentes, podemos citar: tubos de vermes (*Hamulus*), equinodermas, moluscos bivalves, ostracodes, calcisferulídeos, fragmentos de vertebrados, entre outros. Em termos petrográficos, as camadas A, B e C podem ser classificadas como *wackestone/packstone* (eventualmente, *mudstone*) a planctônicos. É notável a quantidade superior de foraminíferos planctônicos em relação aos bentônicos.

A camada D (50 centímetros - localmente chamada Capim), é de grande importância, pois consta de uma diferenciação litológica que caracteriza o início da

sedimentação da Formação Maria Farinha. Distingue-se por uma granulometria mais grossa do que as camadas subjacentes e pelo alto teor de carbonato de cálcio, assim como pelos componentes bioclásticos e siliciclásticos (estes últimos mais raros). Em toda a superfície da camada são observados diversos fragmentos fosfatizados (foraminíferos, gastrópodes, moluscos bivalves, equinodermas, intraclastos e fragmentos de vertebrados). É notável a concentração de fragmentos de bioclastos em porções específicas da rocha. Essa camada exibe uma granodecrescência ascendente e apresenta, em sua base, níveis oxidados/limonitizados.

Devido à abundância de bioclastos e à concentração de pelóides, a rocha poderia ser chamada de biopelmicrito, caracterizando-se petrograficamente como um *packstone* gradando para *wackestone/mudstone* no topo. É possível observar, ainda, fragmentos fosfatizados glauconitizados e/ou piritizados e minerais opacos (óxido de ferro e pirita) ocorrendo como grãos isolados na rocha.

As camadas E (dois centímetros - sem nome local), F (três centímetros - topo do Capim), G (dois centímetros - sem nome local), H (quatro centímetros - Batentinho) e I (um centímetro - sem nome local) caracterizam-se pela intercalação de margas e calcários iniciando-se com a camada E, que é representada por uma marga contínua estabelecida sobre o topo da camada D. Aumenta-se nessas camadas o número de siliciclásticos e fragmentos fosfatizados, além da quantidade de foraminíferos planctônicos e bentônicos. As camadas E, F, G e H apresentam estratificação ondular, devido ao intemperismo e à compactação. Frequentes bioturbações de diversos tipos aparecem no topo da camada H. A camada I só é observada em sua totalidade em um local, isto porque no restante da pedreira a camada H constitui o piso entre a segunda e a terceira bancada. Deste modo, o material argiloso que compõe a camada I pode ter sido erodido, encontrando-se, ainda, uma fina camada que permaneceu nas depressões das ondulações da camada H. A quantidade de siliciclásticos e fragmentos fosfatizados diminui da base para o topo na seqüência E-I. Petrograficamente, tratam-se de *mudstone/wackestone*.

As camadas J (58 centímetros), K (20 centímetros) e L (23 centímetros) são denominadas localmente como "vidro", devido as suas fraturas conchoidais. Compõem-se de um calcário de dureza elevada e aparente recristalização. Petrograficamente, trata-se de um *mudstone* (micrito). A camada L diferencia-se da camada K pela bioturbação muito

intensa, que imprime à camada um aspecto brechado. As camadas M e N são semelhantes, podendo ser diferenciadas pela presença de marga descontínua no topo da camada M e material de granulometria mais grossa na base da camada N. Petrograficamente, a rocha é um *wackestone/packstone* a gastrópodes.

Na camada M, observam-se, ainda, abundantes bioclastos, entre eles conchas fragmentadas de gastrópodes com dimensões de até quatro milímetros, que se apresentam recristalizadas em mosaicos de calcita espática. Encontra-se, também, fragmentos de tubos de vermes (serpulídeos), artrópodes, foraminíferos (sobretudo bentônicos) e briozoários. Na camada N, os fragmentos dos gastrópodes são mais espessos do que na camada M.

3.4. FORMAÇÃO GRAMAME E FORMAÇÃO MARIA FARINHA NA PEDREIRA POTY

A Formação Gramame na Pedreira Poty e na Ponta do Funil apresenta-se como um pacote monótono de margas e calcários intercalados. As margas compõem-se de intercalações de pequenas lâminas descontínuas de calcário e material argiloso. Segundo Albertão (1993), observa-se nos calcários da Ponta do Funil estratificação cruzada *hummocky*, sugerindo atuação de ondas de tempestade no topo da Formação Gramame.

A espessura total da Formação Maria Farinha na Pedreira Poty é de aproximadamente 18 metros. Esta unidade caracteriza-se por apresentar uma alternância cíclica de camadas de calcários e material de composição mais argilosa (margas e folhelhos). Embora haja variações internas, a tendência geral observada, da base para o topo, é a de redução no teor de carbonato de cálcio, aumento no percentual de siliciclásticos e aumento da frequência de material dolomitizado (Albertão, 1993). Observam-se, próximo ao contato calcário/marga, bioturbações, principalmente do tipo "estruturas de escape", que indicam a alta taxa de sedimentação das camadas. Apresentam, ainda, granodecrescência ascendente e laminações ondulares que indicam a atuação de ondas. Localmente, ocorrem camadas com estruturas micro e macroscópicas, que sugerem a presença de organismos bioconstrutores (provavelmente algas ou corais), compondo o arcabouço da rocha (Albertão, 1993).

Na primeira camada da Formação Maria Farinha (D), de acordo com Albertão (1993), observam-se as seguintes características típicas de uma seqüência ideal de tempestito:

- a) base abrupta e erosiva;
- b) seguida de seqüência com granodecrescência ascendente e conchas, grãos de siliciclásticos e fragmentos fosfatizados, todos mais abundantes na base, terminando no topo;
- c) com estratificação ondular.

Outras feições que ocorrem nessa camada, são os "filmes" de material de granulometria silte a argila (preservados em calhas ou *swales*), relativamente comuns nas proximidades do topo da camada D e formando *drapes* semelhantes à estrutura *flaser*. Della Favera (1990) relacionou estruturas desse tipo a tempestitos.

Ainda Albertão (1993) citou as feições erosivas da camada D, contato abrupto entre as camadas C e D, e as fraturas e falhas na Formação Gramame que não se observam na Formação Maria Farinha, dados que atestam a diferenciação litológica entre as duas formações. Nas camadas E, F, G, H e I, observa-se uma redução de energia do último evento, através das intercalações de calcarenitos finos/calcissiltitos com margas. Segue-se, então, a deposição de um calcário (camada J), provavelmente com baixíssima taxa de sedimentação, como evidenciam a bioturbação ao longo de sua seção (particularmente abundante no topo, ou camada K) e a diagênese, possivelmente precoce, a que a camada J foi submetida (Albertão *et al.*, 1994).

Após esse período, bem preservado no registro geológico, reiniciam-se depósitos característicos de tempestades, muitas vezes amalgados e sem a preservação de *hardgrounds*. As camadas M e N são depósitos do tipo *graded skeletal sheet*, *sensu* Aigner (1985). Essas camadas, particularmente a M (mais basal), escavam a porção superior do *hardground* subjacente, extensivamente bioturbado, incorporando alguns de seus elementos e formando assim um depósito com aspecto brechado na base, ou seja, no contato com a camada L (Albertão, 1993).

As porções superiores da Formação Maria Farinha apresentam, com raras exceções, características de tempestitos em suas camadas. Particularmente, a presença de bases abruptas, com bioturbação no topo da camada subjacente; coquinas (*shell beds*), com gradação normal; evidências de altas taxas de sedimentação; *ripples* de onda, no topo das

camadas individuais; estruturas de compensação de espessura, e preservação de depósitos *in situ* nas calhas, são fortes evidências da caracterização dessa camadas como tempestitos, mesmo com a ausência de estruturas *hummocky* (Aigner, 1985; Della Favera, 1990).

Observa-se, ainda, que a preservação desse depósito sedimentar, desde o topo da Formação Gramame até as camadas mais superiores da Formação Maria Farinha, ocorre em uma seqüência francamente progradante. As porções médias da Formação Gramame são caracterizadas por calcários bem laminados, observados na Pedreira Nassau. Esta característica e a microfauna presente indicam ambiente de águas mais profundas, distinto daquele caracterizado no topo da formação e presente nos afloramentos da Ponta do Funil e da Pedreira Poty, onde existem indicações de que está acima do nível de ação das ondas de tempestades. A continuidade da seqüência regressiva pode ser observada no perfil da Pedreira Poty, com as substituições progressivas dos calcários por siliciclásticos e da fauna de ambiente nerítico externo por fauna de águas mais rasas (Mabesoone *et al.*, 1968). A análise de palinomorfos, principalmente dos dinoflagelados, revelam, da base para o topo, a transição de um ambiente nerítico externo para um mais interno. Por fim, existe pelo menos uma descrição na literatura de que no topo da Formação Maria Farinha, em certas áreas, chegam a ocorrer depósitos litorâneos (Mabesoone & Alheiros, 1988).

Dados de icnofósseis e microfósseis (sobretudo de foraminíferos) fornecem boas indicações paleobatimétricas. Icnofácies identificadas por toda a Formação Gramame e nas porções basais da Formação Maria Farinha são *Skolithos* e *Cruziana* (presença de *Thalassinoides*, *Chondrites* e *Planolites*, principalmente) próprias de ambientes variando de nerítico médio a profundo. Estes dados estão de acordo com o que é observado por Ekdale *et al.* (1984) para ambientes próximos à costa e sujeitos a intensa atividade de tempestades. As mesmas indicações paleobatimétricas são fornecidas pela análise de foraminíferos (Albertão, 1993).

No Maastrichtiano, através de estudos com base em foraminíferos, tem-se um ambiente nerítico profundo; enquanto que no Terciário, o ambiente passa a nerítico médio, indicando regressão. Na camada D, ainda Maastrichtiano, há variações bruscas de paleobatimetria, em função provavelmente da influência dos tempestitos, que apresentam importante contribuição de material alóctone, misturando fósseis de águas rasas com outros de águas mais profundas.

Outra informação paleoambiental importante é fornecida pela análise de palinomorfos. A riqueza de espécies de *Dinogymnium* (típicas de áreas de mistura de água doce e salgada) e a sua abundância implicam uma influência de água doce na área, identificada nas camadas B, C, E, G e I. Tal influência é corroborada pela presença do esporo *Ariadnaesporites* e de algas de água doce (ambos típicos de margens de rios). O intervalo correspondente às camadas B e C, na área da Ponta do Funil, indica a mesma influência. Dessa forma, interpreta-se que, apesar do ambiente tipicamente marinho (tipo de sedimentação, presença de foraminíferos, dinoflagelados, acritarcas, etc.), existe a possibilidade da influência da foz de um rio, responsável pelas características de água mais doce. Esta influência seria significativa, uma vez que atuaria, pelo menos, da área da Pedreira Poty até a Ponta do Funil separadas entre si por cerca de 30 quilômetros (esses palinomorfos em ambiente nerítico profundo podem, entretanto, não ser influência exclusiva da competência do rio, tendo em vista a ocorrência de tempestades na área em questão). A influência continua no Terciário, de acordo com as indicações da presença de *Azola* e de algas de água doce. Mais para o topo, existem evidências de influências "continentais" mais acentuadas (como a abundância de *Botryococcus*, comum em lagos, e o desaparecimento de *Spiniferites*, típico de mar aberto). Essa relação reforça ainda mais a interpretação do estabelecimento de uma seqüência regressiva (Albertão, 1993).

3.5. O LIMITE CRETÁCEO-TERCIÁRIO

A passagem Cretáceo-Terciário marca um evento de extinção de proporções planetárias da biota terrestre e marinha.

Alvarez *et al.* (1980) propuseram que as extinções em massa que ocorreram no limite Cretáceo-Terciário (K-T) foram provocadas pelo impacto de um asteróide de grandes dimensões contra a superfície da Terra. As evidências seriam enriquecimentos anômalos na concentração de elementos químicos raros na crosta terrestre (em particular o irídio) exatamente numa fina camada argilosa (milimétrica) que marca o limite K-T em seções sedimentares da Itália, Dinamarca e Nova Zelândia.

Estudos mais recentes (Alvarez, 1986; Bourgeois *et al.*, 1988; Bohor, 1990; Smit, 1990; Hildebrand *et al.*, 1991; Albertão, 1993) trouxeram novos subsídios para o estudo e a caracterização do limite Cretáceo-Terciário. Essas pesquisas indicam peculiaridades presentes na camada-limite das mais diferentes porções do globo terrestre, além das anomalias de irídio: o quartzo com feições de metamorfismo de impacto, microesferulas, microtektitos, fuligem (relacionada com anomalia de carbono orgânico total - COT) e, ainda, identificação de tsunamitos e crateras de impacto, ambos relacionados com o limite Cretáceo-Terciário (figura 12). Estas evidências associadas, vieram reforçar a hipótese do impacto proposta por Alvarez *et al.* (1980).

O limite Cretáceo-Terciário, de acordo com Albertão (1993), é definido cerca de um centímetro acima do nível entre a segunda e a terceira bancada da Pedreira Poty, no topo da camada I, o que não foi constatado na Ponta do Funil.

A anomalia de irídio, detectada na camada I, corrobora a determinação exata do limite K-T na seqüência sedimentar da Bacia Pernambuco-Paraíba, de acordo com o que é observado mundialmente. Ainda na camada I ocorre um valor anômalo de teor de COT (carbono orgânico total). Essa anomalia pode refletir a presença de uma concentração alta de carbono relacionado com fuligem (*soot*), de acordo com o verificado também em diversas localidades mundiais, no limite K-T. A anomalia de COT é ainda mais significativa, quando verificamos que ela não é apenas uma relação direta do aumento local de RI (resíduo insolúvel). Há outras amostras com valores de RI mais elevados, contudo nenhuma com valor de COT igual ou superior ao da camada referida (Albertão, 1993).

Bourgeois *et al.* (1988) aventaram que depósitos de camadas de granulometria grossa, presentes em diversas localidades onde o limite K-T é reconhecido, possam constituir depósitos relacionados a tsunamis. Tsunamis (ou grandes ondas produzidas por maremotos) causam significativas oscilações do nível do mar decorrentes, basicamente, de terremotos ou escorregamentos submarinos, explosões vulcânicas e impactos de bólidos extraterrestres em regiões oceânicas (Durringer, 1984; Bourgeois *et al.*, 1988; Della Favera, 1990). De acordo com Della Favera (*op. cit.*), tsunamis podem produzir depósitos idênticos aos tempestitos, embora provavelmente não produzam estruturas *hummocky*, por serem ondas solitárias, com períodos muito longos (de até horas) e comprimentos de onda de centenas de quilômetros. Originados em oceano profundo, os tsunamis não varrem grandes distâncias em

terra pelo fato de terem sua energia dissipada rapidamente após alcançar a zona de praia. As velocidades das ondas podem atingir centenas de km/h, causando efeitos catastróficos em zonas litorâneas, conforme o registro histórico de alguns relatos.

O elemento irídio tem sido utilizado com frequência para caracterizar o limite Cretáceo-Terciário. Embora anomalias (concentrações anormalmente altas) de qualquer elemento do grupo platina sejam comumente relacionados com contribuições de material extraterrestre, em virtude das baixíssimas concentrações desses elementos na crosta terrestre, o irídio tem sido preferido pela maior praticidade das análises (Albertão *et al.*, 1994). Uma concentração anormalmente alta de irídio é identificada na camada I, nível estratigáfico bastante delgado (figura 14) e caracterizado, bioestratigraficamente, como o último registro do Cretáceo na seção sedimentar da Pedreira Poty, registro este compatível com o que é observado em termos mundiais (Albertão *et al.*, 1994).

Sabe-se que valores relativamente altos de concentração de irídio podem ocorrer em virtude da mudança da taxa de deposição de carbonato de cálcio, ou seja, a concentração maior de irídio pode ser artifício de um aumento no teor de argila do sedimento. Essa taxa de carbonato de cálcio, embora afete isoladamente os teores de argila e irídio, não afetaria a razão entre eles. Ao selecionar os elementos Fe e Al como representantes dos argilominerais, e examinar a distribuição das razões Ir/Fe e Ir/Al, pode-se determinar a real presença ou não de uma anomalia de irídio.

Ainda na camada I ocorre um valor anômalo de teor de COT. Essa anomalia por refletir a presença de uma concentração alta de carbono relacionado com fuligem (*soot*) (Wolbach *et al.*, 1990), é ainda mais significativa, quando verifica-se que ela não é apenas uma relação direta do aumento local de resíduo insolúvel - RI. Há outras amostras com valores de RI mais elevados, contudo nenhuma com valor de COT igual ou superior ao da camada referida (Albertão *et al.*, 1994).

Microesferulas semelhantes a microtektitos e fragmentos estilhaçados de grãos de quartzo com feições de metamorfismo de impacto, provavelmente produtos de impacto de bólido, são comuns na camada argilosa do limite Cretáceo-Terciário e muito raros nas camadas imediatamente sub e sobrejacentes ao limite. Esses elementos não ocorrem em nenhum outro lugar da seção analisada (Albertão *et al.*, 1994).

A existência das anomalias de irídio e COT no limite K-T (na mesma camada que marca as extinções bióticas, típicas do limite) da Bacia Pernambuco-Paraíba assemelham-se às demais áreas que apresentam esse limite no mundo. Considerando a hipótese do impacto (ou, provavelmente, de mais de um impacto) de bólido(s) extraterrestre(s) como a explicação mais viável para as diversas características do limite K-T, é admissível considerar válida a relação entre esses depósitos sedimentares característicos (de granulometria grossa) e a ação de tsunamis. Considerando ainda as dimensões da camada D (em torno de 30 Km, pelo menos; a continuidade é sugerida pelas indicações sedimentológicas e bioestratigráficas) e as conexões marinhas superficiais, possivelmente existentes naquela época (limite K-T), entre a atual área do Golfo do México e a porção setentrional do Atlântico-Sul (Koutsoukos, 1992), é possível sugerir a relação genética entre o impacto na Península de Yucatán, os depósitos encontrados na região do Caribe e a camada D ou, pelo menos, relacionar essa camada com algum outro impacto, praticamente simultâneo com o da Península de Yucatán (Albertão, 1993).

Os dados de micropaleontologia indicam a ocorrência de um período de "crise" na passagem K-T, quando foram extintos diversos grupos de palinórfos e foraminíferos. A abundância notável de esporos triletes, lisos e ornamentados, além de palmas, logo após o limite, foi interpretada por Albertão (1993) como proliferação de formas "oportunistas".

O limite K-T na Bacia Pernambuco-Paraíba, especificamente na Pedreira Poty (figura 13), foi determinado principalmente a partir de dados paleontológicos. No caso dos foraminíferos, há uma gradativa substituição das espécies cretáceas pelas paleocênicas. Já os palinórfos apresentam uma abrupta mudança de espécies. Segundo Albertão (1993), isto ocorreu devido à capacidade dos foraminíferos de resistirem ao intemperismo, já que possuíam carapaças calcárias. Os dados da microfauna (segundo Albertão, 1993) a partir de foraminíferos, revelam, nas camadas argilosas sub e sobrejacentes à camada D, ambiente nerítico médio a externo. Portanto, a lâmina de água estimada, durante a deposição de D seria de 100 a 200 metros. As premissas de Bourgeois *et al.* (1988) são de 50 a 100 metros como limite mínimo e máximo, respectivamente; profundidades menores que 50 metros dariam indicações mais evidentes da ação de ondas, inclusive de tempo bom, enquanto profundidades maiores que 100 metros validariam, em condições mais extremas, o que

acontece a essa profundidade. Os maiores diâmetros de clastos na base da camada D variam de dois até o máximo observado de nove centímetros (fragmentos diversos, fosfatizados, além de fragmentos de gastrópodes e siliciclásticos). Os comprimentos de onda das ondulações observadas no topo da camada D variam entre 15 e 20 centímetros.

A presença de mistura de fósseis (de águas mais rasas e mais profundas) assim como de siliciclásticos com granulometria até de areia grossa sugere, para a camada D, uma deposição no refluxo da onda (retorno). Já as camadas superiores (E a I), com estratificação ondular, seriam depositadas mais lentamente.

Os pólenes, por sua vez, encontram-se mais expostos à oxidação, por serem matéria orgânica. Em relação aos palinomorfos, o final do Cretáceo é bem caracterizado por extinções de diversas espécies de *Dinogymnium*, *Deflandrea diebeli* (dinoflagelados) e *Ariadnaesporites* sp.; enquanto que o início do Terciário é marcado pelo aparecimento de diversos esporos e pólenes como *Echitriporites trianguliformis*, *Schizeosporites eocenicus*, *Proxapertites cursus* e pólenes de palmas. Além disso, ocorre um aumento significativo na abundância de *Baltisphaeridium* sp. (acritarca) e esporos triletes lisos e ornamentados. Já quanto aos foraminíferos, o final do Cretáceo é representado pelo desaparecimento de espécies como *Rugoglobigerina rugosa*, *Pseudotextularia carseyae* e *Pseudoguembelina palpebra*; ao passo que o início do Terciário é caracterizado pela continuidade de *Guembelitra cretacea*, *Heterohelix globulosa* e *Pseudoguembelina costata*, assim como o aparecimento da *Globigerina (E.) fringa* (Albertão, 1993; Albertão *et al.*, 1994).

Indubitavelmente, o limite Cretáceo-Terciário é marcado por uma crise ambiental de grande extensão, mas que não provocou profundas e persistentes alterações climáticas (Regali, 1993, 1994). Nos vegetais superiores, uma rica e variada flora cretácea extingue-se e é substituída por uma outra associação florística pobre e pouco diversificada, onde surgem espécies oportunistas. Esta flora estende-se desde o final do Maastrichtiano, abrangendo todo o Paleoceno, de modo que alguns dos seus representantes atingem a base do Eoceno (Regali, 1993, 1994).

As condições climáticas tropicais dominantes no final do Cretáceo tornaram-se mais amenas no início do Terciário. O aparecimento do gênero *Ulmoideipites* sugere um resfriamento no clima tropical, principalmente no limite Cretáceo-Terciário. As famílias GHEICHENIACEAE, SCHIZEACEAE, CYTHEACEAE e MARSILIACEAE, que

convivem no final do Cretáceo, persistem, com exceção da última, até a base do Terciário. Esse fato, aliado ao surgimento das famílias BOMBACACEAE e PALMAE no Cretáceo terminal e a sua rápida e progressiva diversificação através do Eoterciário, indica que as condições climáticas tropicais reinantes no final do Cretáceo persistiram até o Eoterciário, com tendência para um clima mais úmido e quente (Regali, 1993, 1994).

3.6. AS EXTINÇÕES DO CRETÁCEO SUPERIOR

As extinções que ocorreram na transição Cretáceo-Terciário são um exemplo de um fenômeno biológico recorrente - a extinção em massa. Uma alta concentração de irídio em alguns depósitos do final do Cretáceo é a base para a inferência de um impacto por asteróide, porém muitos autores não aceitam que apenas esse fator seja responsável pelas extinções do limite Cretáceo-Terciário.

Em várias ocasiões do Fanerozóico, contudo, a taxa de extinção elevou-se bem acima desse nível. A extinção total de muitos taxa superiores de distribuição ampla freqüentemente foi o resultado final - o desaparecimento dos dinossauros, no final do cretáceo, é o exemplo mais bem conhecido. Esse nível de extinção, aumentado acima da perda de espécies basal típica, foi denominado extinção em massa. A extinção em massa é não-seletiva com às espécies animais e vegetais, geralmente envolve desaparecimentos relativamente abruptos e ocorre simultaneamente em grupos diferentes e em regiões geográficas amplas (Jablonski, 1986).

Por todo o Fanerozóico, houve um aumento constate da diversidade biológica, mas esse aumento foi freqüentemente pontuado por extinções em massa. Os principais episódios de extinção ocorreram durante o Cambriano, o Ordoviciano superior, o Devoniano superior, o Permiano superior, o Triássico superior, a transição Cretáceo-Terciário e o limite Eoceno-Oligoceno. Embora a extinção em massa dos dinossauros tenha atraído muita atenção, de modo algum representa a perda de espécies mais extensas. No Cambriano médio, antes da origem dos vertebrados, uma extinção em massa levou à perda de 90 por cento ou mais das espécies animais da época, e as extinções em massa do limite Permiano-

Triássico eliminaram mais que 50 por cento de todas as famílias animais e de até 80 a 90 por cento de todas as espécies (Benton, 1986).

Na última década, alguns estudos revelaram claramente que objetos extraterrestres colidiram com a Terra, e esses eventos podem ter provocado mudanças drásticas na história da vida (Hallam, 1979; Alvarez *et al.*, 1980; Fisher, 1981; Raup & Sepkoski, 1982; Russell, 1982 e 1984). Vários trabalhos recentes revisaram as extinções em massa (Clube & Napier, 1986; Patrusky, 1986/87; Shoemaker & Wolfe, 1986, entre outros). Os prós e os contras das explicações catastrofista e gradualista foram revistos por Van Valen (1984). A magnitude da extinção foi muito menor no final do Cretáceo do que em algumas das primeiras fronteiras de extinção, e Benton (1985b) salientou que, ao longo do tempo geológico, a taxa esteve pouco acima da baixa taxa basal. Apesar disso, em cada um dos limites ocorreram extinções em massa significativas de certos grupos.

O fato de que múltiplos impactos ocorreram levou alguns paleontólogos a considerar a possibilidade de que as extinções em massa possam encontrar uma explicação parcial nos efeitos dos impactos de objetos extraterrestres. Sugerem, contudo, que tais eventos podem criar condições que possibilitem mudanças climáticas, em vez de constituírem como causa direta da extinção em massa (Kauffman, 1984).

As hipóteses de causas terrestres para as extinções em massa são mais diversificadas do que as hipóteses de causas extraterrestres e prevêm mudanças graduais e seletivas, em vez de abruptas e não-seletivas (Hallam, 1987; Kerr, 1988). Segundo Fischer (1984), nenhum fator terrestre está rigorosamente relacionado com todas as extinções em massa, mas mudanças climáticas de longa duração, induzidas pela deriva tectônica dos continentes, fornecem uma explicação geral que, pelo menos, ajusta-se a grande parte da evidência paleontológica. A regressão dos mares epicontinentais no Cretáceo superior, por exemplo, foi extensa - os mares que haviam coberto 70% da área emersa foram reduzidos a menos de 15% e ocorriam principalmente ao longo das margens continentais. Além disso, muitas das principais extinções em massa ocorridas coincidem com extensas regressões de mares rasos a partir dos continentes.

Análises da periodicidade das extinções em massa, a partir do registro fóssil do Fanerozóico, levaram Raup e Sepkoski (1984, 1986) à surpreendente conclusão de que estas se repetem a cada 26 a 28 milhões de anos. Essa conclusão é conjectural, pois, o

registro da história da Terra é simplesmente muito curto para fornecer dados suficientes para uma análise estatística rigorosa. Todavia, a possibilidade de que as principais revoluções na história da vida tenha ocorrido a intervalos regulares atraiu a atenção tanto dos astrofísicos como dos paleontólogos, e a evidência foi discutida ardorosamente. Se uma periodicidade para as extinções em massa pudesse ser claramente demonstrada, poderíamos ser capazes de extrair inferências relativas aos mecanismos dessas extinções (Pough *et al.*, 1993).

Eventos terrestres ou extraterrestres poderiam provocar extinções em massa periódicas. Sugeriu-se que a passagem repetitiva de nosso sistema solar através dos braços espirais da galáxia pode perturbar a Nuvem de Oort (ou outras fontes de objetos astronômicos) e bombardear periodicamente a Terra com cometas (Hsü, 1980). Outros fenômenos astronômicos, como os movimentos orbitais de um planeta ou estrela desconhecidos, poderiam produzir uma chuva periódica de objetos em direção à Terra, mas a inferência de periodicidade de impactos extraterrestres permanece especulativa, e os céticos interpretam a evidência de outro modo (Kitchell & Pena, 1984; Hoffman, 1985; Kerr, 1985). As análises mais recentes da idade das crateras da Terra e da Lua sugerem que as colisões ocorreram em grupos, mas não a intervalos regulares (Kerr, 1987).

Entre os répteis, além de todos os dinossauros também tornaram-se extintos pterossauros, plesiosauros e mosassauros no final do Mesozóico. A extinção de plantas marinhas e invertebrados foi ainda mais expressiva. A mais dramática extinção ocorre entre organismos planctônicos unicelulares. Aparentemente, somente espécies únicas de foraminíferos planctônicos aquáticos sobreviveram dando ascensão à radiação subsequente do Terciário. Coccolitoforídeos (alga unicelular com testas calcárias) foram severamente afetados. Diatomáceas, silicoflagelados e radiolários com sílica até certo ponto com calcário, os esqueletos foram também significativamente reduzidos (Carroll, 1988).

Invertebrados multicelulares apresentam um padrão de extinção irregular. Belemnites e amonitas tornaram-se extintos nesse limite. Os amonitas já vinham declinando em número e diversidade durante o Cretáceo Superior, mas nove gêneros persistiram até a porção mais superior do Mesozóico (Alvarez *et al.*, 1984). Rudistas e bivalves trigonídeos, nanoplânctons calcários e corais escleractinianos hermatípicos tornam-se extintos próximo ao pique de sua radiação (Archibald & Clemens, 1982). Em geral organismos planctônicos e organismos filtradores de fundos, incluindo crinóides e briozoários, foram grandemente

reduzidos, mas predadores de fundo de mar e comedores de detritos foram menos afetados (Van Valen, 1984).

Para determinar a natureza dos eventos de extinção do Mesozóico, é necessário estabelecer o comprimento de sua duração e o grau em que ele foi sincrônico em diferentes ambientes através do mundo (Carroll, 1988).

O limite que marca a extinção é definido, em todo mundo, pela primeira aparição de espécies de plantas e animais que são típicas do Terciário. De qualquer modo, tal critério biológico não é consistente em todas as localidades. Uma boa correlação pode ser estabelecida entre seqüências marinhas mundiais, mas é difícil correlação entre ambiente marinho, ambiente de água doce e ambiente terrestre. Por causa das diferenças físicas e distâncias geográficas entre ambientes distintos, os critérios biológicos não são bons para ajudar-nos a estabelecer uma consistente marca cronológica. Somente fatores não biológicos podem providenciar uma base de datação que poderia ser usada como um teste para a sincronia das extinções no final do Mesozóico (Carroll, 1988).

Datação radiométrica é definitiva somente em eventos que ocorram acima de um milhão de anos no limite Cretáceo-Terciário. Maior aprimoramento é possível usando as áreas de seqüência de reversão magnética da Terra. Periodicamente, a polaridade da Terra reverte tal que, em certos períodos o sul passa a ser o norte e vice-versa. A direção da polaridade é registrada em minerais magnéticos de ambas rochas sedimentares e ígneas. A causa específica dessa reversão não é conhecida; ela ocorre em intervalos extremamente irregulares, com períodos de polaridade normal e períodos de polaridade revertida sendo de duração significativamente diferentes. O tempo de maior mudança faunal no final do Mesozóico ocorre dentro de um período de polaridade revertida, no intervalo 39. Este intervalo inteiro é estimado em 500.000 anos (Hsü, 1982).

A base mais precisa para datação do limite Cretáceo-Terciário pode ser a presença de uma alta concentração de irídio anormal, um metal do grupo da platina. A primeira anomalia foi descoberta em uma fina camada de argila que marca o limite faunal entre o Cretáceo e Terciário próximo a Gubbio, Itália (Alvarez *et al.*, 1980). O irídio é extremamente raro na maioria das rochas da crosta terrestre, estando presente em 0,3 partes por bilhão. Em Gubbio, a concentração é de aproximadamente 6,3 parte por bilhão - mais que 20 vezes o nível normal. Argilas similares na Dinamarca apresentaram ainda maiores

concentrações - 160 vezes mais que o esperado em rochas da crosta. Após esse trabalho inicial, anomalias de irídio têm sido encontradas em aproximadamente 50 localidades por todo o mundo (Alvarez, 1983). A maioria destas determinações tem sido feita em rochas sedimentárias de origem vulcânica onde é praticamente contínua a sedimentação através do limite Cretáceo-Terciário. Semelhante registro tem sido feito em várias localidades no oeste da América do Norte, onde contínua deposição de sedimentos terrestres ocorrem através do limite.

Em praticamente todas as localidades testadas, um alto nível de irídio tem sido detectado. Em todos os casos estes nível ocorre extremamente próximo ao horizonte aceito como limite K-T com base no registro fóssil. Esta anomalia de irídio parece ter sido sincrônica geologicamente em todo o mundo. Os sedimentos que contém uma alta concentração de irídio foram depositados durante um curto período de tempo, considerado por sua espessura. Exatamente por ser um curto período de tempo, é difícil estabelecê-lo por outras medidas, mas é provável que não passe de uns poucos milhões de anos.

A anomalia de irídio não somente serve como medida extremamente precisa para estabelecer o tempo de maior extinção no final do Cretáceo, mas pode também providenciar evidências da causa desta extinção. O irídio é considerado mais abundante no sistema solar do que nas rochas da crosta da Terra. A alta concentração de irídio no sistema solar é baseada nas proporções existentes em meteoritos, alguns tipos que possuem um pouco mais que 0,5 parte por milhão. É difícil hipotetizar algum fator geológico que pudesse operar mundialmente baseado na concentração de irídio do limite Cretáceo-Terciário. Alvarez sugere que ele resulta de um impacto de um grande meteorito ou asteróide do qual o conteúdo foi, então, distribuído sobre a superfície da Terra. Considerando a quantidade de irídio, o corpo celeste teria que atingir aproximadamente dez quilômetros de diâmetro. O impacto de tal corpo poderia ter criado uma cratera de aproximadamente 100 quilômetros em diâmetro (Carroll, 1988).

Alvarez e seus colegas hipotetizaram que o impacto do objeto seria tão grande que poderia ter lançado escombros de 60 vezes a sua própria massa na atmosfera, onde poderia ter circulado no globo por vários anos e cair sobre a Terra. Esta quantidade de material, na forma de partículas finas, poderia ter formado uma nuvem tão densa que muito pouca luz poderia ter chegado à superfície do planeta. O resultado dessa escuridão seria o

interrompimento da fotossíntese, aniquilando primeiro as plantas e então os animais que se alimentavam delas. Esse desastre certamente teria sido suficiente para causar a extinção que ocorreu no final do Mesozóico.

Vários efeitos adicionais do impacto foram notados em trabalhos posteriores (Alvarez *et al.*, 1982; Alvarez, 1983). Bloqueando a luz solar poderia ter induzido um rápido resfriamento da Terra, já que o calor na superfície da Terra poderia ter escapado através da nuvem de pó. Com fotossíntese muito reduzida o gás carbônico pode ter se acumulado na atmosfera e na água do mar. O alto nível de dióxido de carbono na água pode ter elevado a acidez e solubilizado a secreção de carbonato das conchas dos organismos, o que justificaria a ausência de fósseis calcários próximo ao limite K-T em algumas seções marinhas. A maior quantidade de dióxido de carbono na atmosfera poderia produzir um efeito estufa. Um resfriamento geral através do limite K-T foi suspeitado, mas o intervalo de tempo do resfriamento e subsequente aquecimento predito pelo modelo de Alvarez pode ter sido rápido demais para ser detectado por métodos correntes de análises de temperatura da água do mar que usa a abundância relativa de isótopos de oxigênio e carbono.

Os físicos tendem a aceitar a maioria das conclusões atingidas por Alvarez, mas contestam alguns detalhes. Os cientistas que estudam o registro fóssil são altamente críticos em relação a essa teoria. Officer & Drake (1983) apresentam evidências de que o período de grandes extinções marinhas não foi instantâneo, mas estendeu-se por cerca de 10.000 e talvez mais de 100.000 anos. A seqüência de extinções de diferentes microorganismos marinhos difere de localidade para localidade.

De qualquer maneira, a anomalia de irídio do final do Mesozóico foi sincrônica e distribuída mundialmente. Ela caracteriza-se em sedimentos marinhos e terrestres, sendo difícil hipotetizar algum outro fator capaz de concentrar este elemento por toda a crosta terrestre. MacLean (1982) propôs uma origem vulcânica para o irídio, mas é difícil aceitar que um período de atividade vulcânica poderia ter sido de tão grande magnitude e ainda em tão curto espaço de tempo.

A extinção no limite K-T tem sua maior fama na morte dos dinossauros que impressiona o público leigo, porém esses animais pouco contribuem para a elucidação da natureza das extinções. Um dos mais sérios problemas é que existem muito poucos locais onde existam sedimentos de origem terrestre que tenham um caráter contínuo no limite K-T.

A única área na qual a fauna terrestre é bem conhecida no final do Maastrichtiano está no oeste da América do Norte ao longo do sopé das Montanhas Rochosas. Ricas faunas dinossaurianas são conhecidas do Cretáceo inferior da Ásia Central, China e América do Sul, mas nenhuma é conhecida do final do Mesozóico. Informações específicas a respeito dos últimos anos dos dinossauros é limitado às localidades Norte Americanas (Carroll, 1988).

Outro problema é a ênfase que diferentes autores dão sobre diferentes categorias taxonômicas. Frequentemente é estabelecido que cinco ordens de répteis tornaram-se extintos no final do Mesozóico: os Saurischia, Ornithischia, Pterosauria, Ichthyosauria e Plesiosauria. Isto parece representar uma mudança faunal drástica, mas atualmente envolve um número pequeno de gêneros. De fato, ictiossauros não são conhecidos no Cretáceo superior. Seu aparente registro no Maastrichtiano foi baseado em um fragmento da cintura peitoral. Vinte e dois gêneros de plesiossauros têm sido localizados no Cretáceo Superior, mas somente quatro gêneros são conhecidos no final do Maastrichtiano (Welles, 1952). Apenas três gêneros de pterossauros são conhecidos no final do Cretáceo, embora *Pteranodon* seja comum e mundialmente distribuído. Somente uma dúzia de dinossauros continuam no final Cretáceo (Padian & Clemens, 1985). Existem algumas indicações de que alguns destes gêneros foram tornando-se progressivamente menos comuns no Maastrichtiano e pode ter havido uma progressiva redução de norte para sul, embora esse fenômeno não tenha sido inteiramente documentado (Sloan, 1976; Van Valen & Sloan, 1977; Archibald & Clemens, 1982; Clemens, 1984; Padian & Clemens, 1985; Sloan *et al.*, 1986).

Em ordem de valor de significância dos eventos de extinções particulares, nós devemos compará-los com a razão normal ou a média de extinções entre os grupos através de sua história (Raup & Sepkoski, 1982). Entre os tetrápodos mesozóicos, aproximadamente todo o período e o limite são marcados por uma larga escala de extinções, se nós julgarmos pela raridade de gêneros que permanecem num estágio ou período posterior. Somente uns poucos gêneros de dinossauros de mais de uma única formação ou unidade litológica estavam presentes no final do Cretáceo. Através do Mesozóico, vários gêneros continuaram a se desenvolver do mesmo modo que rapidamente outros tornaram-se extintos (Carroll, 1988).

Outros répteis, contemporâneos dos dinossauros, tartarugas e lagartos, não apresentam significativa extinção através do limite K-T. Outros importantes sobreviventes

foram os crocodilos e champsossauros, que foram maiores que muitos dinossauros e podem ter tido uma fisiologia comparável. Eles foram distintos ecologicamente como formas primariamente aquáticas (Carroll, 1988).

Os mamíferos também apresentaram um padrão misturado de extinção e sobrevivência através do limite K-T. Na América do Norte somente uma das 13 espécies descritas de marsupiais sobreviveram ao final do Cretáceo. Clemens (1984) acredita que esta extinção não foi instantânea, mas ocorreu gradualmente e progressivamente sobre aproximadamente 200.000 anos, coincidindo com a extinção dos dinossauros. Presumivelmente, os marsupiais não experimentaram tão forte declínio nos continentes do sul, se nós julgarmos pela sua subsequente radiação na América do Sul e na Austrália.

Embora nós pudéssemos esperar que plantas terrestres tivessem semelhante extinção em massa como ocorreu com o fitoplâncton já que foi um período de escuridão, este não foi obviamente o caso. A grande revolução na história das plantas vasculares ocorreu cedo no Cretáceo com a origem e rápida radiação das angiospermas, que tornaram-se as plantas terrestres dominantes antes do final do Cretáceo (Doyle, 1977). O maior período de extinção de plantas terrestres próximo ao limite K-T é de três a seis metros acima do nível da anomalia de irídio ou 50.000 a 90.000 anos depois (Hickey, 1981).

A aparição instantânea da anomalia de irídio através do mundo providencia a evidência de um evento catastrófico simultâneo. A hipótese de Alvarez de uma ampla nuvem de poeira que poderia ter bloqueado a fotossíntese parece ser contraditória pelos padrões específicos de extinções de plantas marinhas e plantas terrestres. Hsü (1982) sugere que ambos fatores físicos e químicos podem ter tido efeito no mar e na terra.

De acordo com Hallam (1987) e Kerr (1988), processos biológicos, climáticos e geológicos normais parecem fornecer uma explicação mais plausível para as alterações faunísticas ocorridas no final do Mesozóico. Devido à escala global das extinções do Cretáceo superior e à grande variedade de animais afetados, hipóteses baseadas em mudanças climáticas de larga escala foram propostas repetidamente. O Mesozóico caracterizou-se por temperaturas extremamente estáveis, com pouca variação entre dia e noite, verão e inverno e norte e sul. A evidência geológica indica que os climas tornaram-se mais frios e mais instáveis no final do Cretáceo. Casper, Wyoming, é uma importante localidade com fósseis de dinossauros, e uma reconstrução de seu regime térmico durante o

Mesozóico indica que os extremos de temperatura de longo prazo provavelmente estavam entre 11 e 34°C, com uma média de 22°C. Claramente, o clima tem mudado desde então: os extremos de temperatura atuais, Casper, são -27 e +40°C, com uma média de 8°C.

Além dessas mudanças climáticas, os eventos geológicos do final do Cretáceo foram modificando a superfície da Terra e alterando habitats terrestres. Uma redução de 150 a 200 metros do nível do mar drenou os mares interiores rasos que haviam inundado as regiões centrais dos continentes durante o Cretáceo superior. Os rios cortaram seu caminho descendente em direção ao nível do mar, formando vales, em vez de meandros, através de largas planícies inundáveis. Os dinossauros do Cretáceo superior parecem ter-se concentrado em habitats de rios e planícies inundáveis, e essas mudanças teriam reduzido a disponibilidade de habitats (Schopf, 1983).

As mudanças climáticas e topográficas do Cretáceo superior estavam associadas: maior elevação da terra, maiores diferenças de elevação de local para local e ausência de mares interiores, que tamponavam a mudança de temperatura, teriam, todas aumentado a variação circadiana e sazonal da temperatura. Se os grandes Archosauria dependiam da estabilidade da temperatura do corpo, derivada principalmente de seu enorme tamanho, um pequeno aumento na variação térmica seria deletério a esses animais (Pough *et al.*, 1993).

Os únicos ectotermos de grande porte que sobreviveram no Mesozóico, os Crocodilia e algumas tartarugas, ocorrem somente nos climas mais estáveis existentes. Os Crocodilia são primariamente tropicais, com poucas formas subtropicais, e estão sempre associados à água, que tampona a mudança de temperatura e proporciona proteção contra os valores extremos. As tartarugas de pequeno porte penetram muito para o norte e para o sul, mas as formas de grande porte ocorrem apenas próximo ao Equador. Novamente, a presença da água como tampão térmico é importante. As tartarugas marinhas passam virtualmente toda sua vida na água e as grandes tartarugas terrestres ocorrem em ilhas equatoriais (Pough *et al.*, 1993).

No Cretáceo inferior, o clima era razoavelmente uniforme, quente e úmido, sobre as áreas amplamente dispersas. Dessa forma, os organismos subtropicais foram fossilizados em paleolatitudes de até 70° S, e o carvão é encontrado ainda mais ao sul.

Embora a glaciação continental tenha estado virtualmente ausente em todo o Mesozóico, o resfriamento iniciou-se no final do Cretáceo (Pough *et al.*, 1993).

O Gondwana rompeu-se em três blocos continentais principais, mas a África manteve contato com a Eurásia. Na América do Norte, o Cretáceo terminou com a Revolução de Laramide e a formação das Montanhas Rochosas ancestrais. A atividade vulcânica foi comum durante a maior parte do mesozóico, especialmente ao longo do limite oeste da América do Norte e América do Sul. Os movimentos das placas oceânicas sob as margens dos continentes liberaram grandes quantidades de magma vulcânico. Na América do Sul, o extenso vulcanismo e a intrusão de rochas ígneas, no final do Cretáceo, produziram a base granítica da Cordilheira dos Andes. Uma atividade vulcânica similar ocorreu ao longo das margens do Mar de Tethys, especialmente no sul da Europa e no Oriente Médio (a orogenia Alpina). Os mares rasos eram amplos sobre grande parte dos continentes recém formados. A proximidade entre a América do Sul, África do Sul, Madagascar e Índia provavelmente era maior do que o indicado, pelo menos durante o Cretáceo inferior e médio. Os dinossauros Sauropoda do gênero *Titanosaurus* ocorrem em sedimentos do Cretáceo superior da Argentina, Nigéria e Índia, e espécies de *Laplatasaurus* ocorrem na Argentina, Madagascar e Índia (Pough *et al.*, 1993).

Em suma, os climas do Mesozóico caracterizaram-se por um longo período seco e quente, com ampla distribuição latitudinal, seguidos por calor moderado contínuo, mas com umidade crescente. Somente em direção ao final do Mesozóico, as temperaturas declinaram. Durante o Triássico, os mares epicontinentais estavam limitados, mas, no Jurássico e Cretáceo, tornaram-se extensos, retraindo-se no final de cada período (Pough *et al.*, 1993).

A causa da extinção aparentemente súbita dos dinossauros, durante o Mesozóico superior, é um exemplo de controvérsia entre os proponentes das explicações terrestre e extraterrestre das extinções em massa. O termo "súbita" deve ser compreendido no contexto do tempo geológico. Intervalos menores que 100.000 anos geralmente não podem ser definidos em sedimentos do Cretáceo superior com um alto grau de resolução estratigráfica (Padian & Clemens, 1985). Um processo de extinção que parece súbito, a partir da nossa perspectiva distante, provavelmente durou várias dezenas de milhares ou mesmo vários milhões de anos. Essa visão das extinções em massa implica numa perda gradual de

taxa que poderia ter sido causada por mudanças prolongadas no clima, em vez de eventos extraordinários (Pough *et al.*, 1993).

3.7. A PONTE INTERCONTINENTAL ENTRE BRASIL E ÁFRICA

Beurlen (1961), admitiu a separação do Atlântico por um sistema de falhas que se abriram em forma de *rift* com origem tanto do sul quanto do norte, mais ou menos na mesma época, isto é, Eocretáceo. A partir das seqüências estratigráficas nas bacias costeiras, então conhecidas ainda bastante precariamente, este autor chegou à conclusão de que a ruptura final entre os dois continentes se realizou na porção que abrange a faixa entre Recife e João Pessoa, no Nordeste brasileiro, e a região Nigéria-Gabão, no lado africano. Contudo, esse trabalho não deu ênfase às implicações geotectônicas, como salientou o autor, mas essencialmente às relações estratigráficas e paleontológicas e às suas conclusões paleogeográficas.

Na década seguinte, começou-se a interpretar os fenômenos da separação dos continentes à luz da nova tectônica global, tendo H. Asmus como um dos maiores promotores no Brasil (Asmus & Porto, 1972). Asmus *et al.* (1973) reconheceram a importância da faixa costeira entre Recife e João Pessoa por constituir uma das mais importantes áreas envolvidas, principalmente quando da ruptura final.

Reyment & Tait (1974), Berggren & Hollister (1974) admitem o estabelecimento dos contatos entre as águas oceânicas do Atlântico Sul e Equatorial já plenamente a partir do Mesoturoniano. Beurlen (1974), porém, apontando a semelhança faunística de espécies de águas rasas, durante a época da Formação Gramame (Maastrichtiano) com a África, só admite uma ligação plena, através do intercâmbio com a região caribeano, a partir da época Maria Farinha (Paleoceno). Segundo ele, aparentemente existia ainda uma ligação de tipo soleira ou mesmo continental entre Nigéria-Gabão e o nordeste do Brasil, até o fim do Cretáceo, na área do Recife e João Pessoa.

Da mesma forma, as pesquisas palinológicas efetuadas por Berggren (1975) levaram a conclusões que indicavam um intercâmbio de flora terrestre entre Brasil e África até o Maastrichtiano. Berggren (*op. cit.*) afirma que as assembléias polínicas entre Brasil e África Ocidental apresentam formas quase idênticas até o Albiano-Cenomaniano e

que as do Maastrichtiano guardam ainda muita semelhança. Concluiu também que o deslocamento dos blocos sul-americano e africano iniciou-se após o Cenomaniano com maior intensidade.

Através de estudos nas anomalias magnetométricas e gravimétricas Rand (1976, 1978, 1985) propôs que a última ligação entre os dois continentes se teria dado ao norte do lineamento de Pernambuco, sob um modelo *landbridge*. Este modelo é favorecido por evidências biológicas, já que, para a ocorrência das migrações da fauna verificadas nessa região (segundo Halffter, 1975, haveria a possibilidade de que insetos terrestres pudessem passar entre o nordeste da América do Sul e o oeste da África até o Paleoceno) seria necessário a existência de pelo menos uma cadeia de ilhas entre os dois continentes até o fim do Cretáceo. Rand & Mabesoone (1982) retomaram a idéia de que a última ligação entre América do Sul e África, tenha sido uma ponte terrestre, aproximadamente na região de Pernambuco-Paraíba, e de que o Platô de Pernambuco seria uma remanescência da mesma, no lado brasileiro.

Outros estudos baseados em geofísica feitos por Françolin & Szatmari (1987) sugerem uma abertura do sistema *rift* atlântico por uma rotação horária da América do Sul em relação à África, com um pólo de rotação localizado aproximadamente a 7°S e 39°W. Uma das áreas fortemente afetadas foi a Bacia Potiguar, que mostra ainda um arcabouço tectônico conseqüente das forças em questão. O modelo apresentado pelos autores indica a área entre as localidades de Touros e João Pessoa como uma interrupção no *rift* atlântico, ainda durante o Albiano, e a última área a ser separada.

A conclusão do mapeamento gravimétrico e magnetométrico de Rand (1978) junto com evidências da geofísica denotam que a faixa Pernambuco-Paraíba, entre os grandes lineamentos de Pernambuco e da Paraíba, ficaram junto à África durante mais tempo que as outras faixas, formando uma ponte terrestre até a ruptura no fim do Cretáceo (figura 15).

Dentre os autores que apoiam esta teoria, podemos citar Mabesoone & Alheiros (1988) que propõem a ocorrência de pulsos de compressão na faixa Pernambuco-Paraíba, com aproximação relativa Brasil-África. Estes pulsos de compressão originaram-se do movimento de rotação horário do continente sul-americano em relação ao africano que fez abrir o grande *rift* S-N até o Recôncavo-Tucano, enquanto que na margem equatorial a

rotação causou uma compressão, resultando numa ligação entre o Brasil e a África na região de Pernambuco-Paraíba e parte oriental do Rio Grande do Norte até o fim do Cretáceo (Szatmari *et al.*, 1984). Uma das evidências desta ligação é a sedimentação procedente do sul na área das sub-bacias Olinda, Alhandra e parte sul de Canguaretama, e provavelmente do norte nas sub-bacias Natal e parte norte de Canguaretama, deve ter existido uma área topograficamente mais alta na região de Mamanguape (PB). Este alto estrutural seria a última ligação com a África no nordeste brasileiro, que existiu depois que a soleira se basculou para sul até romper definitivamente em sua parte mais setentrional (Mabesoone & Alheiros, 1988). Estes autores sugerem, também, a possibilidade de formação de uma barreira em forma de soleira ou ponte terrestre na faixa Recife-João Pessoa e demonstram como evidência a ocorrência de fosforitos. Segundo Mabesoone (1967), a ligação entre Pernambuco-Paraíba e Camarões perdurou até o final do Cretáceo (figura 15).

A ruptura total e definitiva entre os dois atuais continentes, ainda unidos entre o norte de Pernambuco e Paraíba e Camarões, deu-se no Campaniano-Maastrichtiano, quando os dois golfos longos e estreitos se comunicaram. Houve a deposição da Formação Gramame e seus equivalentes no Rio Grande do Norte, Sergipe, Almada e costa atlântica da África, com uma mistura dos elementos faunísticos afro-índicos com os norte-americanos e europeus (Beurlen, 1962b). A partir desse estágio, a separação das placas do Brasil e da África foi mais rápida. A sedimentação das formações do Cretáceo Superior do nordeste brasileiro continuou pelo Terciário até os tempos atuais.

A hipótese acima não é compartilhada por Koutsoukos (1992) que verifica, já desde o Aptiano Superior uma grande afinidade entre foraminíferos da Bacia Sergipe-Alagoas com os foraminíferos das províncias biogeográficas do Atlântico Norte e do Mar de Tétis, indicando, assim, uma franca conexão entre essas áreas.

Rand & Mabesoone (1982), reunindo dados para avaliar a possibilidade de uma ponte terrestre entre o Brasil e a África, utilizaram informações geofísicas, sedimentológicas, paleontológicas e oceanográficas, obtendo como conclusões os seguintes dados:

a) A maioria dos autores que abordam esse assunto concordam que, durante a abertura do Atlântico Sul, uma ou mais barreiras impediram a livre circulação da água oceânica profunda,

bem como permitiram o intercâmbio de organismos bentônicos e plantas entre os dois continentes separados, América do Sul e África.

b) Não há um consenso geral entre os autores até onde se estendeu a barreira e quando esta desapareceu.

c) Considerando a excepcional posição do nordeste do Brasil, do ponto de vista geofísico, sedimentológico e paleontológico, acredita-se que a menor parte parcialmente emersa da ponte terrestre pode ter existido entre o nordeste do Brasil e o oeste da África até o fim do Cretáceo.

4. ÁREAS ESTUDADAS

Para o levantamento preliminar dos afloramentos a serem visitados recorreu-se à literatura, dentre elas, Price (1953a, 1957) e Muniz (1993), obtendo-se cerca de dez afloramentos, dos quais poucos não foram encontrados ou mostravam-se cobertos pela vegetação.

No decurso de nosso primeiro contato com a Bacia Pernambuco-Paraíba à procura dos afloramentos acima citados, obtivemos novas informações de outras localidades ainda não estudadas. Em síntese, foram analisados um total de 28 localidades onde afloram rochas das formações Gramame e Maria Farinha (figuras 3, 4, 5 e 6).

A localização das pedreiras iniciou-se por João Pessoa no estado da Paraíba, onde tomamos conhecimento de outras áreas de exploração, indicadas por moradores e trabalhadores da região. Da Paraíba seguimos para Pernambuco, onde o número de pedreiras é menor, porém com melhores resultados na coleta de fósseis.

A seguir são citadas as áreas visitadas, com uma breve descrição geopaleontológica (para maiores informações consultar Muniz, 1993; Albertão, 1993 e Price, 1953a, 1957) e seu posicionamento geográfico, obtido através de aparelho rastreador de satélites/GPS (Azevedo *et al.*, 1995). Este procedimento objetivou eliminar a usual informalidade dos dados descritivos de localização, habituais na literatura geopaleontológica nacional, facilitando o acesso de pesquisadores à fonte das informações apresentadas e discutidas na presente dissertação.

Pedreira Cinescal (João Pessoa, PB) (GPS 7° 05' 85" S - 34° 52' 40" W)

Ponto JP 01 - figura 3.

O afloramento consiste em uma pedreira calcárea onde aflora, na base, um calcário margoso e brechóide, de cor cinza claro, conhecido localmente como “pedra-sabão”, e atribuído à Formação Gramame, de idade cretácea. Nessas rochas estão presentes fósseis de amonóides, moluscos e dentes de vertebrados. O topo é constituído por calcários da Formação Maria Farinha (Paleoceno).

Pedreira Cimepar Zebu (João Pessoa, PB) (GPS 7° 07' 98" S - 34° 53' 58" W)

Ponto JP 02 - figura 3.

Predominam as rochas calcárias da Formação Gramame. São encontrados moluscos bivalves, crustáceos, amonóides e equinodermas. A bioturbação é intensa. Acredita-se que na Paraíba a Formação Gramame foi depositada em ambiente próximo ao talude, podendo ser este o motivo da falta de restos fósseis de répteis.

Pedreira Caxitu 1 (Conde, PB) (GPS 7° 13' 98" S - 34° 54' 65" W)

Ponto CD 01 - figura 3.

Formação Gramame aflorante em toda extensão da pedreira. Amonóides e dentes indeterminados presentes na localidade. Os dentes são conhecidos pelos operários das pedreiras como “espinhos-de-pedra”. Existem ainda histórias de que muitos dos amonóides aqui encontrados teriam preservado suas partes moles, que os operários chamam de “chifres”, no entanto, não foi possível documentar paleontologicamente esta informação.

Pedreira Caxitu 2 (Conde, PB) (GPS 7° 13' 99" S - 34° 54' 40" W)

Ponto CD 02 - figura 3.

Aflora a Formação Gramame. Segundo informações dos geólogos da PETROBRÁS, esta pedreira possui calcários mais antigos que os calcários da Pedreira Caxitu 1, embora suas características litológicas sejam bastante semelhantes.

Pedreira Cimepar (Conde, PB) (GPS 7° 14' 32" S - 34° 53' 41" W)

Ponto CD 03 - figura 3.

Nesta pedreira observa-se claramente a intercalação calcário-marga típica de alguns estratos da Formação Gramame. Alguns níveis com estruturas acanaladas e bioturbação foram encontrados (figura 16A), sendo constatada a presença de amonóides associados (figura 16B). Em uma das camadas mais superiores observa-se estruturas sigmóides muito bem definidas.

Praia de Tambaba (Conde, PB) (GPS 7° 21' 99" S - 34° 47' 79" W)

Ponto CD 04 - figura 4.

Nesta praia aflorava apenas arenito calcífero da Formação Maria Farinha muito intemperizadas. Os moluscos bivalves e gastrópodes são os fósseis mais bem representados.

Praia de Tabatinga, Conde (PB) (GPS 7° 19' 08" S - 34° 48' 06" W)

Ponto CD 05 - figura 4.

Rochas calcárias muito intemperizadas, provavelmente pertencentes à Formação Maria Farinha. Encontram-se muitos moluscos bivalves associados a bioturbações.

Pedreira Cigra (Fazenda Congo/S^{ta} Alexandrina), Conde (PB) (GPS 7° 15' 56" S - 34° 56' 44" W)

Ponto CD 06 - figura 3.

Arenitos da Formação Beberibe contendo vários moluscos bivalves e gastrópodes, provavelmente de origem fluvial. A Formação Beberibe é considerada de origem continental, embora em alguns locais do Nordeste ela ocorra interdigitada a calcários marinhos da Formação Gramame.

Pedreira Garapu (Alhandra, PB) (GPS 7° 20' 17" S - 34° 54' 99" W)

Ponto CD 07 - figura 3.

Pedreira com a Formação Gramame aflorando, apresentando intercalação de camadas mais espessas de calcário e camadas menos espessas de margas. Presença de moluscos bivalves e bioturbações, além de pirita e vários geodos de calcita. Observa-se também estruturas acanaladas.

Pedreira Nassau (Goiana, PE) (GPS 7° 37' 09" S - 34° 51' 52" W)

Ponto GO-01 - figura 5.

A Formação Gramame está presente com seus calcários contendo pirita e geodos de calcita. Entre os fósseis, podemos citar: bioturbações, moluscos bivalves, dentes de condrícties e osteíctes, amonóides e fragmentos ósseos de peixes.

Ponta do Funil (Goiana, PE) (GPS 7° 40' 98" S - 34° 50' 19" W)

Ponto IT 01 - figura 5.

Afloramento à beira-mar com calcários das formações Gramame e Maria Farinha muito intemperizados (figura 17A). Os fósseis encontrados nessa região (bioturbações, equinodermas muito deformados, moluscos bivalves e crustáceos) são muito semelhantes aos que são encontrados no nível mais superior da Formação Gramame na Pedreira Poty, quase no limite com a Formação Maria Farinha.

Era de se esperar, neste afloramento, a delimitação do limite K-T como é observado na Pedreira Poty. Porém, o intemperismo impossibilitou a determinação desta camada.

Pedreira Utinga (Alhandra, PB) (GPS 7° 17' 41" S - 34° 54' 75" W)

Ponto CD 08 - figura 3.

Provavelmente, aflorava nessa região a Formação Gramame. Equinodermas e moluscos bivalves compõem a representatividade paleofaunística. Não foi possível uma melhor avaliação do afloramento, pois o mesmo encontrava-se coberto por vegetação e muito intemperizado, já que a pedreira estava desativada.

Pedreira do Batola (Alhandra, PB) (GPS 7° 17' 31" S - 34° 54' 71" W)

Ponto CD 09 - figura 3.

Aparentemente, a unidade litológica representada é a Formação Maria Farinha com calcários intercalados com margas. Encontram-se geodos de calcita, bioturbações, moluscos bivalves e pequenos ossos de peixe.

Árvore Alta (Alhandra, PB) (GPS 7° 27' 05" S - 34° 53' 91" W)

Ponto AL 01 - figura 4.

O afloramento consistia em um corte de estrada com a rocha apresentando-se muito intemperizada. A presença de um amonóide leva-nos a crer que essas rochas pertencem a Formação Gramame. Além deste fóssil, uma grande quantidade de gastrópodos e moluscos bivalves são encontrados.

Pedreira Jussara 1 (Alhandra, PB) (GPS 7° 26' 30" S - 34° 53' 80" W)

Ponto AL 02 - figura 4.

Afloramento contendo, rochas da Formação Gramame, com presença de moluscos bivalves, fragmentos de osteócitos, bioturbações e geodos de calcita.

Pedreira Jussara 2 (Alhandra, PB) (GPS 7° 26' 34" S - 34° 53' 55" W)

Ponto AL 03 - figura 4.

A configuração litológica da pedreira e os fósseis são muito semelhantes ao encontrado na pedreira anterior.

Sítio da Moças (Caaporã, PB) (GPS 7° 30' 76" S - 34° 51' 71" W)

Ponto CA 01 - figura 5.

Esta pedreira pertencia à Indústria Tabu, porém na época de nossa visita encontrava-se abandonada e coberta por vegetação, impossibilitando a coleta dos exemplares fósseis ou mesmo a identificação litológica. Mantivemos sua localização no texto devido aos dados constantes na literatura.

Pedreira CIPASA (Caaporã, PB) (GPS 7° 31' 43" S - 34° 51' 43" W)

Ponto CA 02 - figura 5.

Em toda a sua extensão aflora a Formação Gramame, apresentando-se em um nível estratigraficamente mais baixo que o da Pedreira Poty. Aparentemente, a deposição da formação nesta região deve ter ocorrido em um ambiente de maior profundidade. Em nossa primeira visita, em 1994, obtivemos dois dentes de mosassauros em ótimo estado de preservação (MN 4584-V e MN 4585-V), sendo o primeiro um dos melhores exemplares coletados por nossa equipe. Amonóides são bastante comuns nos mesmos níveis que contêm os dentes.

Nesta localidade foi possível documentar um canal de refluxo de corrente, feição paleoambiental de grande importância geo-paleontológica (figura 17B), cortando os níveis carbonáticos (figura 18A). As relações entre estas feições e as ocorrências paleontológicas serão discutidas em capítulo apropriado.

Engenho Guerere (Fosforita) (Cruz de Rebouças, PE) (GPS 7° 52' 34" S - 34° 53' 38" W)

Ponto CR 01 - figura 6.

Algumas pequenas pedreiras são encontradas na região, porém muito intemperizadas e de difícil acesso. O local de grande importância para o nosso trabalho, constava de um fosfato (figura 18B) que, em geral, ocorre na base da Formação Gramame. Esse fosfato representa uma paleolinha de costa e indica o período de maior transgressão marinha. Antes de ser industrializado, o fosfato retirado do afloramento permanece exposto durante um certo período de tempo para secagem. Nesses montes de fosfato é possível detectar uma rica fauna mosassauriana, juntamente com resquícios de osteócitos e condríctes e alguns invertebrados (gastrópodes e moluscos bivalves). A maioria dos fósseis encontrados pela equipe do Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional/UFRJ provém desse fosfato.

Pedreira Poty 1 (Olinda, PE) (GPS 7° 52' 99" S - 34° 51' 19" W)

Ponto PT 01 - figura 6.

Na pedreira da fábrica de Cimento Portland Poty aflora a Formação Maria Farinha, de idade paleocênica (figura 19A) e a porção mais superior da Formação Gramame, de idade cretácea (figura 19B).

Esta pedreira é de grande importância na coleta e estudo dos mosassauros do Nordeste brasileiro. Nela encontramos o limite Cretáceo-Terciário (K-T) muito bem definido através da presença de uma fina camada com concentração de irídio muito superior ao que se espera em outras rochas, sendo esse nível coincidente com a máxima extinção de microfósseis marinhos do Cretáceo e o surgimento de novas formas características do Terciário. O outro fator importante é a presença de muitos fósseis de mosassauros indicados como pertencentes a essa pedreira contidos na coleção paleontológica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco e no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Embora nas coletas de campo feitas pela equipe do Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional/UFRJ não foi encontrado nenhum dente ou outra estrutura fóssil de mosassauros. Por isso, procuramos intensificar nossos estudos em cima da geologia da pedreira e dos fósseis de mesma idade desses répteis, abordando um pouco, o relacionamento paleoecológico provável dessa fauna.

Pedreira Poty 2 (Olinda, PE) (GPS 7° 52' 94" S - 34° 50' 80" W)

Ponto PT 03 - figura 6.

É a mesma pedreira anteriormente citada, só que nesta aflora um nível estratigráfico mais alto (Formação Maria Farinha) e mais afastado do anterior. Na Formação Maria Farinha, de idade terciária, os mosassauros não ocorrem mais. Porém, é de grande importância observar nessa formação a sucessão de faunas logo após a extinção dos mosassauros. Esse tema será abordado em um capítulo à parte nessa dissertação.

Na Formação Maria Farinha encontram-se muitos dentes de elasmobrânquios, dois osteócitos parcialmente completos em ótimo estado de conservação (MN 4571-V e MN 4572-V), e vértebras de um grande crocodilo marinho da Família DYROSAURIDAE.

Pedreira da Marga (Gongassari, PE) (GPS 7° 53' 18" S - 34° 51' 98" W)

Ponto GG 01 - figura 6.

Segundo o trabalho de Price (1953a), vários dentes são indicados como provenientes dessa pedreira. Porém, na ocasião de nossa visita ao local nenhum resquício fóssil desses répteis foi encontrado. Pôde-se constatar a presença de fósseis de crustáceos, moluscos bivalves, dentes e escamas de peixes, e o fóssil *Hamulus* sp., muito comum no topo da Formação Gramame.

Pedreira Iamã (Igarassu, PE) (GPS 7° 52' 88" S - 34° 53' 18" W)

Pedreira sem muitos dados a acrescentar ao que foi visto nas pedreiras mais intemperizadas, pois possui pequena representatividade litológica.

Pontal do Jaguaribe (Ilha de Itamaracá, PE) (GPS 7° 43' 47" S - 34° 49' 62" W)

Ponto IT 02 - figura 6.

A visita à Ilha de Itamaracá teve o propósito de localizar um famoso afloramento designado como Forno da Cal (que na realidade é um nome genérico dado às áreas da pedreira onde o calcário é queimado), de onde provêm vários fósseis citados na literatura. Este afloramento não foi encontrado, pois já tinha sido desativado há muitos anos e

a vegetação havia coberto o local. O contato com moradores da região revelou-nos novos possíveis afloramentos como este de que estamos tratando.

O Pontal do Jaguaribe localiza-se à beira-mar, onde a Formação Gramame expõem os seus fósseis de gastrópodes e moluscos bivalves, além de muita bioturbação.

Pedreira da Teresa (Coronel?) (Ilha Itamaracá, PE) (GPS 7° 47' 63" S - 34° 53' 73" W)

Ponto IT 04 - figura 6.

Pedreira muito intemperizada, parcialmente coberta por vegetação. O afloramento constitui-se de um calcário, provavelmente pertencente à Formação Gramame, sem ciclos visíveis e com espessura atingindo cerca de três metros.

Engenho São João (Ilha de Itamaracá, PE) (GPS 7° 46' 11" S - 34° 52' 21" W)

Ponto IT 05 - figura 6.

Este engenho, atualmente, é um presídio. Localiza-se em uma região elevada, de tal forma que, na entrada da ilha é possível observá-lo.

A pedreira foi desativada há muitos anos e já não existe mais. Através de dados bibliográficos é possível supor que aí afloravam as rochas da Formação Maria Farinha.

Fosforita de Olinda (Olinda, PE) (GPS 8° 00' 01" S - 34° 52' 70" W)

Essa fosforita é citada por vários autores como um excelente local para coleta de fósseis. Porém, atualmente, transformou-se em um grande depósito de lixo proveniente de uma favela localizada em suas proximidades. Portanto, fica comprometida sua utilização geopaleontológica, ao menos temporariamente.

A Fábrica de Cimento Portland Poty (PE), a CIPASA (Companhia de Cimento da Paraíba S.A., PB) e o Rejeito da Fosforita no Engenho Guerere (PE), foram os afloramentos mais intensamente estudados já que deles provêm a maioria dos exemplares de mosassauros que são abordados nesta dissertação.

5. SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS SOBRE A FAMÍLIA MOSASAURIDAE

5.1. HISTÓRICO DAS PESQUISAS

A primeira descoberta de um mosassauro, primeiro fóssil de vertebrado que atraiu a atenção do mundo científico, foi o encontrado em uma pedreira da região de Maestricht, na Holanda, em rochas calcárias de idade cretácea. O cirurgião da cidade, Dr. Hoffman, foi chamado para examinar o espécimen tendo o mesmo ficado em sua posse. Logo depois, o pastor Goddin entrou na justiça e forçou Hoffman a entregar-lhe o espécimen, bem como a pagar todo o gasto com o processo judicial. Em 1795, as tropas da República Francesa expulsaram os austríacos da cidade de Maestricht e capturaram o famoso fóssil que foi levado para a França, encontrando-se atualmente no *Museum National d'Histoire Naturelle*, em Paris.

A primeira revisão geral de cunho científico deste fóssil foi feita por Cuvier (1808) onde o exemplar foi descrito e figurado, discutindo-se a opinião de quatro autores anteriores, a respeito da sistemática do grupo dos mosassauros. Posteriormente, o fóssil foi nomeado *Mosasaurus* por Conybeare (1822). Camp (1942), depois de uma cuidadosa pesquisa literária, reconheceu *Mosasaurus hoffmanni* Mantell (1829) como sendo o provável nome mais antigo relacionado com o famoso mosassauro de Maestricht e designando a espécie como tipo do gênero.

Os escritores europeus continuaram a registrar os mosassauros como lagartos marinhos aparentados com os varanóides. Goldfuss (1845), ao descrever espécies americanas, sustentou a mesma visão. Owen (1840-1845) acreditou que os mosassauros estavam verdadeiramente relacionados entre os iguanas e os varanóides. Posteriormente, Owen (1849-1884) uniu *Mosasaurus* e *Liodon* na tribo Natantia dos Lacertilia. Gervais (1853) propôs a família MOSASAURIDAE e a incluiu nos Lacertilia, embora provisoriamente em uma subordem distinta junto com os MEGALOSAURIDAE e IGUANODONTIDAE, ambas famílias de dinossauros.

A primeira espécie de mosassauro descrita na América do Norte foi reconhecida por Mitchill (1818) como sendo similar ao tipo *Mosasaurus hoffmanni*. Os 50 anos seguintes foram caracterizados pelo aumento do número de pequenas publicações sobre fragmentos encontrados em New Jersey, no Atlântico Sul e estados do Golfo do México. Uma importante descoberta foi feita por volta de 1830 (Simpson, 1942) do holótipo de *Mosasaurus missouriensis* no território de Missouri. Leidy (1865) publicou a primeira revisão dos mosassauros americanos com ótimas ilustrações do material de New Jersey. Por volta de 1860, novos e bem conservados espécimens foram encontrados em New Jersey e na Costa do Golfo do México. Estes novos táxons foram listados por Cope (1870d) junto com uma revisão de trabalhos prévios.

Marsh (1872b), descreveu três espécimens comuns na fauna de Niobrara (*Wyoming, USA*) e Cope (1875), em "The Vertebrata of the Cretaceous Formations of the West", republicou sua descrição original dos mosassauros de Niobrara, figurando seus tipos e publicando um sumário de espécies de mosassauros da América.

Owen (1877) fez uma detalhada comparação entre os crânios de tartarugas, lagartos, cobras e mosassauros e conclui que os mosassauros podem ser classificados entre os Lacertilia com uma subordem distinta. Cope (1869b) criou uma nova ordem de répteis, Pythonomorpha, somente para a inclusão dos mosassauros. Marsh (1872b) inicialmente seguiu Cope na classificação de mosassauros como uma ordem separada. Marsh (1880), abandonou o termo "Pythonomorpha" e propôs a subordem Mosasauria dentro dos Lacertilia.

Woodward (1891) foi o primeiro a descrever um dente pertencente a *Globidens*, sugerindo que fosse derivado da dentição marginal posterior de um crocodilo do Cretáceo. Gilmore (1912) descreveu um espécimen incompleto, consistindo de um crânio muito fragmentado e uma única vértebra. Ele reconheceu a afinidade da criatura com os mosassauros e nomeou-a *Globidens alabamaensis* em referência à forma globulosa dos dentes, muito diferente dos dentes pontudos e cortantes dos outros mosassauros. Mais tarde, o mesmo autor (Gilmore, 1927), registra uma segunda ocorrência de *Globidens* para a localidade de "Selma Chalk" no Texas.

Baur (1892) fez uma descrição detalhada do crânio de *Platecarpus* e, Williston (1898b), uma revisão dos mosassauros de Kansas.

Merriam (1894) listou os caracteres dos pythonomorphos, concluindo que eles não podem ser separados dos lagartos.

A polêmica entre Baur (1892, 1895, 1896) e Cope (1895a, 1895b, 1896), sobre o posicionamento sistemático dos mosassauros é particularmente dura devido as suas diferentes visões de homologia dos ossos da suspensão do quadrado (*suspensorium quadratico*).

As discussões sobre a posição sistemática dos mosassauros na última década do século dezenove, tomaram um novo rumo com a descoberta na Iugoslávia e na Inglaterra de grupos de "lagartos anfíbios" (AIGIALOSAURIDAE e DOLICHOSAURIDAE). Esses lagartos são claramente varanóides, com membros bem desenvolvidos, mas também possuindo muitas características dos mosassauros.

Osborn (1899a) não mencionou os aigialossauros, mas não aceitou a descendência dos mosassauros de dolichossauros, em virtude do grande número de vértebras cervicais que este último grupo apresenta.

Boulenger (1891) considerou os dolichossauros como ancestrais comuns dos mosassauros, lagartos e cobras. Kramberger (1892) foi o primeiro a indicar que aigialossauros foram intermediários em morfologia entre os lagartos e os mosassauros, sendo provavelmente ancestrais de ambos. Dollo (1894, 1903, 1904b) e Nopcsa (1903a, 1903b, 1923) aceitaram a derivação de mosassauros de aigialossauros, mas mantiveram varanóides e aigialossauros como descendentes de varanóides primitivos ("Proplatynota") lembrando sua relação com os varanóides modernos em muitos aspectos. Kornhuber (1901) acreditou que seu *Opetiosaurus* (um aigialossauro) foi o melhor ancestral dos mosassauros e não distinguiu aigialossauros de varanóides, combinando ambos dentro da família VARANIDAE. Gadow (1901) considerou os mosassauros um ramo marinho dos Lacertilia.

Baur (1890, 1892) insistiu que os mosassauros podem ser considerados verdadeiros lacertílios e classificou-os com os varanóides na superfamília VARANOIDEA. Williston (1904, 1914, 1925) agrupou varanóides, dolichossauros e aigialossauros na superfamília PLATYNOTA, incluindo os mosassauros na superfamília MOSASAURIA, listando as duas superfamílias abaixo de Lacertilia. Camp (1923) considerou os aigialossauros como derivados de lagartos semelhantes a VARANIDAE e como ancestrais de

DOLICHOSAURIDAE e MOSASAURIDAE. Mais tarde, o mesmo autor (Camp, 1942) reforçou sua conclusão anterior e descreveu as semelhanças entre *Platecarpus* e *Varanus*.

Camp foi seguido por Gilmore (1928), Nopcsa (1928) e Hoffstetter (1962 *apud* Antunes, 1964), mas não por McDowell & Bogert (1954), que combinaram MOSASAURIDAE, AIGIALOSAURIDAE, DOLICHOSAURIDAE e LANTHANOTIDAE em um grupo de "aigialosaurianos" e separou-os de VARANIDAE E HILODERMATIDAE, colocando-os na superfamília PLATYNOTA. Hoffstetter (1955) e Romer (1956) não admitiram mais uma distinção familiar entre mosassauros e os outros platynotas.

Trabalhos mais recentes ampliaram os conhecimentos sobre os mosassauros citando, por exemplo, relações predador-presa constatadas a partir de marcas de mordidas deixadas por um mosassauro em um amonita. Este trabalho de Kauffman & Kesling (1960) trouxe novas informações paleoecológicas sobre esses animais que no registro osteológico não é possível obter. Em Russell (1964), estuda-se a mobilidade intracranial nos mosassauros com base no estudo osteológico e na comparação com seu análogo atual, *Varanus*.

Um trabalho que pode ser citado como referência imprescindível é o de Russell (1967) no qual é apresentada a sistemática e a morfologia dos mosassauros americanos descrevendo detalhadamente as estruturas ósseas, discutindo a anatomia funcional das mesmas e fazendo considerações paleoecológicas e evolucionárias. Ainda Russell (1975) faz uma revisão sobre os Globidentini e cita uma nova espécie para o estado de Dakota do Sul, EUA.

Vários outros trabalhos poderiam ser ainda citados como referências ao estudo do grupo dos mosassauros, porém é de grande relevância destacar, principalmente, os trabalhos relacionados ao Cretáceo da África, já que a sua paleofauna, em geral, muito se assemelha àquela do Cretáceo das bacias sedimentares do litoral brasileiro.

No Egito, as referências a esse grupo iniciaram-se por volta de 1900 com o trabalho de Barron & Hume (1901a, 1901b) que designaram a espécie *Mosasaurus mosensis*. Essa espécie foi encontrada em um sedimento argiloso, cinzento, que é datado como de idade santoniana. Priem (1914) e Gemellaro (1921) descreveram dentes isolados provenientes deste mesmo país, que foram designados como pertencentes a mosassauros. Ainda podemos citar o

trabalho de Zdansky (1935) onde é feito um breve histórico sobre os achados no Egito e na África em geral.

Para o Marrocos foi referida a presença de *Liodon anceps* no Cretáceo superior por Depéret & Russo (1925). Segundo Hume (1927), vários espécimens provenientes de Sibâ'iyá (área próxima ao Nilo) foram identificados como: *Leiodon*, *Leptosaurus*, *Platecarpus*, *Megalosaurus* e *Mosasaurus*. Foi registrado a presença de mosassauros nos folhelhos da Formação Farin Douchi (Maastrichtiano) no sul de Níger, no trabalho de Greigert (1966), onde esses folhelhos são denominados de "Mosasaurus shale". Azzaroli *et al.* (1972, 1975) criaram uma nova subfamília composta por apenas um gênero e uma espécie denominada por Swinton (1930) como *Goronyosaurus nigeriensis* e citaram também fragmentos de ossos de outras possíveis espécies contemporâneas (Maastrichtiano) a *Goronyosaurus*. Ainda no Cretáceo Superior de Níger, Lingham-Soliar (1991) descreveu e figurou uma fauna mosassauriana muito diversificada contando com os gêneros *Goronyosaurus*, *Igdamanosaurus*, *Angolasaurus*, *Halisaurus*, *Plioplatecarpus* e *Mosasaurus*.

Por todo o mundo se registra a presença de mosassauros como na Nova Zelândia por Welles & Gregg (1971), Wiffen (1980, 1990a, 1990b) e Wiffen & McKee (1990) citando os gêneros *Moanasaurus*, *Rikisaurus*, *Mosasaurus*, *Prognathodon*, *Tylosaurus*, *Mauisaurus* e *Taniwhasaurus*.

No Brasil, os estudos iniciaram-se com Agassiz (1867) que recebeu um dente (Estampa III/B) e uma pequena peça mandibular, durante sua passagem pela bacia Amazônica, identificando-os como pertencentes a mosassauros. Atualmente, este material encontra-se na coleção do *Museum of Comparative Zoology (Harvard, USA)*, havendo uma cópia do dente original no Departamento Nacional da Produção Mineral no Rio de Janeiro. Posteriormente, Price (1953a, 1957) descreveu e classificou novos exemplares agora provenientes da Bacia Pernambuco-Paraíba.

Recentemente, Eugênio & Azevedo (1993) designaram alguns dentes provenientes do Maranhão como pertencentes a mosassauros. Carvalho *et al.* (1995a, 1995b, 1996) descreveram novos exemplares da Bacia Pernambuco-Paraíba e discutiram suas relações paleoecológicas.

5.2. OS LEPIDOSAURIA

Os Lepidosauria são identificados por diversos caracteres derivados, tanto do esqueleto como da anatomia das partes moles (Benton, 1985a). Entre estes, os ossos longos são recobertos por superfícies articuláveis (epífises) de osso ou cartilagem calcificada (centros de ossificação), os ossos pós-parietais e tabulares do crânio foram perdidos. O crescimento dos Lepidosauria interrompe-se quando esses centros de ossificação que separa as extremidades dos ossos longos tornam-se completamente ossificadas. Atualmente três grupos principais de Lepidosauria são conhecidos: Sphenodontia (representado pelo tuatara atual), Squamata (lagartos e serpentes) e Amphisbenida.

Os Squamata mostram numerosos caracteres derivados no crânio, esqueleto pós-craniano e tecidos moles (Benton, 1985a). Podemos citar como caracteres: presença de pênis, órgão de Jacobs e perda do contato pterigóide vômer. O mais conspicuo destes é a perda da barra temporal inferior e do osso quadrado-jugal, que formava parte dessa barra. Essa modificação faz parte de uma série de mudanças estruturais do crânio, que contribuem para o desenvolvimento de um grau considerável de cinetismo. O tuatara atual apresenta a condição ancestral dos Squamata, com o quadrado-jugal ligando os ossos jugal e quadrado para formar um arco temporal inferior completo (contudo, essa condição totalmente diápsida não é típica de todos os SPHENODONTIDAE; algumas formas do Mesozóico não possuíam um arco temporal inferior completo) (Pough *et al.*, 1993).

Os primeiros lagartos não são bem conhecidos. Os gêneros fósseis *Paliguana* e *Palaeagama*, do Permiano Superior e Triássico Inferior da África do Sul, possivelmente não Squamata, apresentam modificações na estrutura do crânio, provavelmente paralelas às mudanças que ocorreram nos primeiros Squamata. A fenda entre o quadrado e o jugal alargou-se, e a sutura interdigitada complexa entre os ossos frontal e parietal do teto do crânio tornou-se mais resistente e mais semelhante a uma articulação. Áreas adicionais de flexão evoluíram nas porções anterior e posterior do crânio e na maxila inferior de alguns lagartos. Essas mudanças foram acompanhadas pelo desenvolvimento de uma conexão flexível na articulação entre os ossos quadrado e esquamosal, que forneceu alguma mobilidade ao quadrado. Essa condição, conhecida como estreptostilia, aumenta a

força que os músculos da mandíbula podem exercer, quando as maxilas encontram-se quase fechadas (Smith, 1980).

5.3. OS MOSASAURIDAE

Os mosassauros foram lagartos varanóides, intimamente relacionados aos lagartos-monitores atuais contando com cerca de 30 espécies que hoje habitam o Arquipélago Malaio na Indonésia sendo mais popularmente conhecidos os “dragões de Komodo” (*Varanus komodoensis*) (figura 20). Diferem dos varanóides atuais pelo enorme tamanho (mais de 10 metros, na maior espécie) e pelas especializações à vida marinha. Os mosassauros são conhecidos apenas no Cretáceo Superior, mas eram um grupo grande, com aproximadamente 20 gêneros. Foram comuns em ambiente marinho raso, próximo à costa. Existem centenas de fósseis bem preservados, mas nenhum apresenta evidências de resquícios embrionários na cavidade da região abdominal, como ocorre nos Ichthyosauria. Espécimens jovens pequenos são raramente encontrados junto aos adultos. Estas observações sugeriam até bem pouco tempo que, apesar da grande especialização à vida marinha, os mosassauros poderiam ter colocado ovos em terra, semelhante aos lagartos varanóides, embora possa ter sido extremamente difícil para as fêmeas mover-se em terra sem o suporte da água, devido ao seu grande corpo e estruturas que estariam adaptadas ao ambiente aquático.

O conhecimento sobre o meio de reprodução dos mosassauros recebeu recente acréscimo através das descobertas de Bell *et al* (1996). Estes autores apresentaram dados a respeito de possíveis resquícios embrionários associados a fósseis de formas adultas em mosassauros cretáceos (*Plioplatecarpus primaevus*) da região central de *South Dakota, USA*. Estas pesquisas, embora preliminares, parecem apontar para a existência de um desenvolvimento embrionário interno no âmbito dos mosassauros.

Os mosassauros foram consideravelmente maiores que muitos répteis extintos, tendo de seis a nove metros de comprimento médio, podendo atingir 14 metros. O tórax era mais concentrado na porção anterior do corpo o que é usual em lagartos, e os flancos foram, provavelmente delgados (Williston, 1899), unindo-se imperceptivelmente com a base da cauda, posteriormente. A cauda era relativamente menor que em *Varanus*, mas

muito comprimida lateralmente, formando uma eficiente estrutura propulsora. As patas foram encurtadas e os pés transformados em remos, sendo as patas anteriores e posteriores de tamanho aproximadamente igual. Indícios de tecido mole têm sido encontrado preservados em espécimens de *Platecarpus* (segundo Williston, 1899), *Tylosaurus* (segundo Snow, 1878; Williston, 1898b) e *Ectenosaurus*, todos do “Calcário Niobrara” do oeste do Kansas (EUA). O corpo foi provavelmente coberto por pequenas escamas rombóides (Russell, 1967).

As patas são extendidas por hiperfalangia (aumento no número de falanges em cada dígito), para proporcionar um maior contato com a água, porém não se observa a hiperdactilia (aumento no número de dígitos). O crânio dos mosassauros era muito semelhante ao dos lagartos varanóides, sendo alongado, com dentes afiados e uma articulação na mandíbula, entre o dentário e o esplenial (figura 21). O aparelho maxilo-mandibular de um dos gêneros, *Globidens*, possuía dentes com coroas esféricas, como o seu nome sugere, e provavelmente alimentavam-se de moluscos. Kauffman & Kesling (1960) relataram a existência de um amonita (moluscos livre-natantes relacionados às lulas e aos náutilos), encontrado em 1947 por Irving G. Reimann em Scenic (Pennington County, South Dakota, USA), com um padrão de marcas de dentes que sugere ter sido mordido por uma outra espécie de mosassauro, *Prognathodon overtoni*. Em contraste com a similaridade do crânio entre mosassauros e aigialossauros, o esqueleto pós-craniano é muito diferente, indicando que os mosassauros tiveram uma marcada mudança primitiva em sua evolução, associada à adaptação marinha. A longa coluna vertebral parece ter sido muito flexível para permitir ondulações propulsivas na água. O grande tamanho, os membros e a cauda são modificados para propulsão e manobras no meio aquático.

As proporções do corpo variam muito nos diferentes gêneros. Esta variação indica, provavelmente, diferentes tipos de hábitos natatórios (e/ou predatórios). *Clidastes* pode ter sido menos ágil para fazer manobras com o corpo que outros mosassauros, por causa do seu longo corpo e pequenas patas. O desenvolvimento de uma barbatana caudal indica que ele foi relativamente rápido no ambiente aquático. Sugere-se que *Clidastes* foi melhor adaptado para sobrepujar o rápido nado dos peixes que seriam relativamente incapazes de fugirem dos seus súbitos movimentos. O corpo de *Plotosaurus* é geralmente similar ao de *Clidastes*, embora as patas estreitas e uma barbatana caudal mais fortemente desenvolvida indiquem que ele foi mais veloz que *Clidastes*. Em comparação com os gêneros

acima, o corpo de *Platecarpus* é mais curto, as patas são maiores e a cauda não é tão dilatada verticalmente. *Platecarpus* foi, provavelmente, mais lento que os gêneros anteriores, mas pode ter sido hábil para realizar curvas abruptas. Semelhante aos seus análogos recentes, as focas, *Platecarpus* pode ter se alimentado, predominantemente, de peixes menores mas altamente evasivos. *Tylosaurus* é uma forma grande e delgada com estreitas patas e uma cauda quase idêntica àquela de *Platecarpus*. Foi, provavelmente, similar a *Mosasaurus* na habilidade de nadar, embora não tão rápido. Como Williston (1925) observou, os ossos de *Tylosaurus* são muito vazados e foram provavelmente impregnados com gordura (como no caso das baleias, Howell, 1930). Presumivelmente, essa adiposidade aumentou a flutuação do animal.

A aparência geral dos mosassauros pode ser detectada a partir de seus fósseis mais completos (figura 22), permitindo, assim, a reconstituição de suas formas biológicas quando em vida (figura 23).

6. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS MOSASAURIDAE

Os mosassauros possuem um relacionamento filogenético muito próximo aos atuais *Varanus*, permitindo assim um estudo morfológico comparativo principalmente de estruturas que não se preservam durante o processo de fossilização (figura 21). Assim, as menções sobre a origem, inserção e atuação dos músculos, que poderão ser abordados neste capítulo, infere-se a partir de observações feitas por Russell (1967) dessas mesmas estruturas em *Varanus* e sua comparação com diversos grupos de mosassauros. Da mesma forma, observações de estruturas ósseas foram baseadas no trabalho de Russell supracitado, já que os exemplares brasileiros constam apenas de dentes isolados, vértebras e alguns poucos fragmentos ósseos. A apresentação destas informações deve-se ao fato de não existir qualquer obra em nosso idioma onde estas sejam citadas. Assim, o que se pretende é constituir uma referência àqueles que venham futuramente dedicar-se ao estudo dos mosassauros brasileiros.

6.1. CRÂNIO (figura 24)

O crânio lembra um alongado cone, lateralmente comprimido. Exceto pela abertura da narina externa e o espaço entre as margens ventrais dos dentários, a região anterior do crânio é massivamente compacta. A órbita é grande e está localizada atrás do ponto médio do crânio, aberta lateralmente e ligeiramente dorso-anteriormente. A fenestra supra-temporal está localizada acima e atrás da órbita e é extremamente separada de seu oposto pela ampla superfície dorsal do parietal. A grande abertura infra-temporal é separada da fenestra acima por uma delgada barra óssea que conecta a borda dorso-posterior da órbita com o *suspensorium quadrático*. O quadrado articula-se com a parte distal do esquamosal acima e a mandíbula abaixo. A mandíbula estreita-se posteriormente e termina em um arredondado processo retro-articular que projeta-se para trás do côndilo occipital e recebe o *depressor mandibulae*. O teto da cavidade oral está perfurado por cinco fenestras maiores: duas aberturas anteriores entre o vômer-palatino e a maxila; duas sub-orbitais limitadas pelos palatinos, pterigóides e jugais; e uma estreita abertura lenticular (*incisura piriformis*) entre a

porção anterior dos pterigóides. Atrás dos processos ectopterigoidais, os pterigóides são estreitos para permitir a passagem da musculatura temporal que liga-se à mandíbula. Os pterigóides divergem, posteriormente, para unirem-se aos quadrados. Sobre cada lado do supra-occipital, a fenestra pós-temporal penetra a face occipital do crânio entre a ponte suspensorial do parietal acima e o processo paroccipital abaixo.

Em *Clidastes* o crânio é estreito com mandíbulas relativamente longas e uma pequena região temporal. O crânio é similar, porém mais largo em *Mosasaurus*, onde as mandíbulas são mais fortemente construídas. Em *Plotosaurus* o crânio é semelhante ao de ictiossauros num contorno lateral, com grandes órbitas e convexo dorsalmente, ligeiramente inclinado posteriormente (Camp, 1942). O crânio de *Platecarpus* é pequeno e deprimido, com uma grande região temporal. *Prognathodon* geralmente lembra *Mosasaurus* no formato da cabeça, embora a porção anterior do focinho seja deprimida e mais rudemente terminada. Exceto por seu rostro muito alongado, o crânio de *Ectenosaurus* parece ser próximo ao de *Platecarpus*. Em *Tylosaurus*, a cabeça é mais perfeitamente cônica que nos outros gêneros, e o focinho é proporcionalmente mais longo que os outros com exceção de *Ectenosaurus*.

6.2. VÉRTEBRAS

De acordo com Cuvier (*apud* Leidy, 1865), o número de vértebras de um mosassauro está em torno de 133, divididas da seguinte forma: o atlas e o eixo; 11 vértebras do pescoço e tórax distinguidas pela presença de apófises inferiores ou hipapófises junto com os processos articulares e transversos; 5 vértebras similares sem hipapófises; 38 sem processos articulares, mas retendo processos transversais; 26 como as últimas tendo em adição facetas de ossos hemais; 44 sem processos transversos e possuindo co-ossificação de arcos hemais e sete destituídas de processos.

Goldfuss (*apud* Leidy, 1865) estimou o número de vértebras em cerca de 165, que estão divididas em: atlas e eixo, 13 vértebras com hipapófises; 26 com processos transversos e articulares, mas nenhuma hipapófise; 30 com processos transversos, mas nenhum processo articular; 30 como as anteriores mas, em adição, possuindo ossos hemais; 44 sem processos transversos, mas tendo ossos hemais; e 20 sem processos.

Estima-se para os mosassauros sete vértebras cervicais (Romer, 1956), a exemplo da maioria dos vertebrados conhecidos.

As hipapófises (em mosassauros) são livres em correlação com a tendência para a redução de ossificação nesses animais marinhos (Romer, *op. cit.*). O número de hipapófises nesse grupo está em torno de sete a 13.

As vértebras dorsais encontram-se em torno de 23 a 29. As vértebras sacrais são muito reduzidas e simplificadas. Nas vértebras caudais, os ossos hemais começam a aparecer da terceira à sétima vértebra, e os primeiros arcos hemais são em geral pequenos ou com desenvolvimento incompleto.

Em répteis aquáticos as espinhas neurais e os arcos hemais das vértebras caudais tendem a ser maiores do que o habitual, tornando a cauda um órgão propulsor com maior resistência e firmeza. As vértebras caudais são em torno de 100. Os arcos vertebrais superiores e inferiores, em associação com seus processos espinhais longos e a ausência de processos transversos, indicam que a cauda dos mosassauros possui uma compressão lateral e grande comprimento vertical como em muitos peixes.

A característica mais notável da anatomia da coluna vertebral dos mosassauros é a co-ossificação dos arcos hemais, na parte inferior das vértebras da cauda, uma condição conhecida como pertencente exclusivamente aos peixes.

Outra notável característica é a ausência, ou presença em estado rudimentar, de processos articulares além a metade da série vertebral posterior, uma condição observada nos cetáceos. A ausência desses processos articulares levantam a hipótese de que nenhuma vértebra foi co-ossificada para constituir um sacro (Leidy, 1865).

6.2.1. O ATLAS (figuras 25A e 25B)

O complexo do atlas em mosassauros inclui as quatro peças típicas de todos os lagartos, centro, intercentro e arcos neurais. Não existe pró-atlas. Os arcos neurais são unidos ventralmente pelo intercentro para formar uma estrutura em forma de aro entre o áxis e o côndilo occipital; o centro do atlas é funcionalmente distinto, sendo solidamente fixado ao áxis (figura 25B).

Internamente, o corpo do arco neural é subdividido em várias superfícies. Existe uma concavidade anterior, de perfil elíptico e em posição vertical, para articular com a porção dorso-lateral do côndilo occipital. Atrás desta, uma faceta triangular com a face de um ápice ventralmente direcionado para a linha média para contato com o centro do atlas. A borda posterior desta faceta apresenta estrutura dupla, oblíqua, com ramos inclinados pósterolateralmente e pósterodorsalmente, para articulação com o centro do eixo. Todas estas superfícies foram cobertas por cartilagem em vida. O lado externo do corpo do atlas estreita-se atrás da porção dilatada suportando a articulação condilar e terminando pósteroventralmente em um processo sinapofiseal afilado.

A borda dorsal da sinapófise do atlas estende-se ântero-dorsalmente para formar a margem posterior do sólido processo espinhoso inclinado anteriormente que curva-se sobre a corda espinhal. Seu bordo anterior eleva-se diretamente acima da articulação condilar (*Plotosaurus*, *Platecarpus*, *Tylosaurus*) ou é separado dele por um entalhe (*Clidastes*, *Ectenosaurus*, *Mosasaurus*). O processo espinhoso expande-se um tanto distalmente. Desta maneira uma verdadeira espinha neural está ausente em mosassauros.

O intercentro do atlas tem a forma de uma cunha curvando-se ligeiramente para cima. O centro do atlas é muito semelhante em todos os mosassauros. Em aspecto lateral ele se assemelha a um atarracado cone horizontal, a porção dorsal foi aplainada na base do curso da corda espinhal entre o *foramen magnum* e o canal neural do eixo. Toda a área ânteroventral e ântero-lateral do cone foi coberta por cartilagem. Posteriormente, o cone fixa-se contra o centro do eixo que reúne-se em duas superfícies lisas verticais que convergem posteriormente uma em cada lado da linha média. O contato ventral com o intercentro declina posteriormente em uma direção transversa. O topo é formado por uma intersecção de três porções em forma de "Y" invertido. As superfícies delas são rugosas e pontuadas, sugerindo que o centro do atlas pode ter sido rigidamente fixado à face anterior do complexo eixo.

6.2.2. O EIXO (figura 25B)

O eixo é estruturalmente muito forte, localizando-se na extremidade anterior da coluna vertebral e conectando-se com o crânio. A dupla natureza de sua função é claramente apresentada na forma do eixo, que posteriormente não é muito diferente da

vértebra cervical sucessiva. Anteriormente, ela é fortemente modificada para providenciar origens para os músculos que atuam diretamente sobre o crânio e para suportar o crânio indiretamente através do atlas.

A espinha neural é semelhante à borda da lâmina de um machado, expandindo anteriormente e posteriormente acima do arco neural que é relativamente comprimido, com um comprimento acima ou igual àquele do centro. O bordo posterior é muito grande, dando a espinha neural uma forma de "T" em secção horizontal e providenciando uma larga área de inserção para os poderosos músculos *semi-espinhalis cervicis* e *interspinalis*. A borda dorsal da espinha torna-se comprimida e passa a uma pequena expansão elíptica em seu topo anterior. Existe uma depressão superficial, localizada centralmente em cada lado anterior da espinha neural para o amplo apoio posterior e acima do arco neural, onde pode ter surgido o músculo *obliquus capitis magnus*.

Os arcos neurais estão fusionados ao centro do eixo. Exceto pela completa ou quase completa ausência de zigapófises anteriores, há pouca distinção do arco neural do eixo daqueles das outras vértebras cervicais. As zigapófises posteriores são normalmente desenvolvidas e a face ventral possui um ângulo acima de 45°. O primeiro traço de uma articulação zigantal pode ocorrer no lado interno das zigapófises posteriores.

A face cranial do centro do eixo é expandida acima do comprimento ântero-posterior do centro. Em aspecto anterior ele tem um contorno reniforme.

Boa parte do corpo do centro do eixo é comprimido atrás de sua face anterior, mas re-expande-se ligeiramente para terminar numa forma convexa, formando uma articulação elíptica com o centro da terceira vértebra cervical. As sinapófises do eixo estão localizadas na porção mediana da superfície lateral do centro e conectam-se anteriormente por um bordo horizontal do osso da faceta de articulação com o arco neural do atlas. Um largo pedúnculo com uma faceta distal de articulação para uma hipapófise está localizado na superfície ventral do centro do eixo. O intercentro do eixo é uma curta ossificação semi-cilíndrica firmemente fixada com a margem ântero-ventral do centro do eixo. As facetas posteriores de articulação do centro do atlas com o centro do eixo dorsalmente reúnem-se em um forte ângulo e são similarmente ásperas. Em contraste, a faceta do intercentro do atlas na face anterior do osso é lisa.

6.2.3. VÉRTEBRAS CERVICAIS (figura 25C)

As vértebras cervicais, geralmente, são em número de sete. A forma dessas vértebras tende a mudar posteriormente tornando-se cada vez mais semelhantes às primeiras vértebras torácicas, dificultando a definição morfológica da série de vértebras cervicais posteriores. A última vértebra cervical é geralmente aquela que precede a primeira vértebra com costelas que atingem o esterno. É interessante notar que a região cervical é relativamente longa (figura 25C) e operacionalizada por músculos poderosos.

A espinha neural da terceira vértebra cervical é delgada em aspecto lateral, com uma leve convergência nas margens anterior e posterior. O apoio posterior da espinha é, ainda, muito largo, quase tanto quanto aquele do áxis, embora a borda anterior seja mais fina. A espinha neural muda sua forma posteriormente, tanto que a última cervical possui uma espinha neural de aspecto lateral semelhante a um paralelogramo, sendo longa e alta. Lateralmente, a espinha também torna-se muito comprimida, causando o quase completo desaparecimento do apoio posterior, na última cervical.. É digno de nota que em *Varamus* a espinha neural da vértebra cervical posterior e da vértebra dorsal anterior são muito longas; provavelmente esse crescimento formou uma forte alavanca para o músculo *transversospinalis* que é responsável pela flexão do pescoço em direção dorsal e pelo suporte da cabeça. Presumivelmente, por causa da cabeça e do pescoço terem sido geralmente suportados pela água, este crescimento excessivo não é encontrado nos mosassauros (com uma possível exceção em *Plotosaurus*).

As zigapófises estão presentes sob os arcos neurais através das séries cervicais de todos os mosassauros. As zigapófises anteriores surgem de uma posição sobre cada lado do arco neural e projetam-se anteriormente, dorsalmente e lateralmente; a face articular posiciona-se dorso-medialmente. As zigapófises posteriores surgem da curva póstero-lateral da espinha neural e projetam-se posteriormente, ventralmente e lateralmente. Um pequeno processo de osso, geralmente, surge imediatamente acima do canal neural sobre cada lado da linha média vertebral em mosassauros. Podem ocorrer medianamente às zigapófises, zigofenes e zigantrós.

O centro das vértebras cervicais e de todas as vértebras sucessivas é procélico. A superfície interarticular está suavemente concluída, indicando um alto grau de

mobilidade. A sinapófise cresce uniformemente e largamente em comprimento a partir de uma tuberosidade circular sobre o eixo para uma superfície estreita e verticalmente retangular sobre a última cervical.

Como no eixo, um forte pedúnculo está situado na superfície pósterio-ventral das vértebras cervicais anteriores em todos os mosassauros. A extremidade distal é lisa, similar àquela do eixo em vários gêneros, articula-se pósterio-ventralmente com a recurvada hipapófise. Sucessivamente a hipapófise diminui de tamanho. Há, freqüentemente, duas a três vértebras com pedúnculos rudimentares seguindo a hipapófise da última vértebra cervical.

As sinapófises localizam-se no alto da porção anterior da superfície lateral do centro cervical, ocupando a porção ântero-dorsal da superfície lateral do centro dorsal. O bordo da extensão anterior das sinapófises foi bem desenvolvido sobre as cervicais e dorsais anteriores, alcançando o nível da superfície inferior do centro. As zigapófises das vértebras cervicais e dorsais conectam-se pelas cristas levemente arredondadas e posteriormente descendentes das sinapófises. As zigosfenes e zigantras são fortemente desenvolvidas, presentes durante os três-quartos anteriores da série dorsal. Pedúnculos da hipapófise localizam-se posteriormente sobre a superfície ventral do centro cervical, a articulação da hipapófise é lisa, circular e fortemente inclinada posteriormente (Williston, 1898b).

6.2.4. VÉRTEBRAS DORSAIS

O número de vértebras entre a última cervical, aqui considerada como a sétima pós-craniana, e a primeira vértebra pigial (sacral) é bastante variável em mosassauros. A coluna dorsal pode ser dividida em uma série anterior torácica com longas costelas e uma série posterior lombar com costelas curtas.

As espinhas neurais das vértebras dorsais lembram àquelas da última cervical, sendo estreitas, em forma de paralelogramo e posteriormente inclinadas. Na série torácica a margem anterior e posterior da espinha converge distalmente, mas na série lombar essa convergência é quase ausente.

As zigapófises estão inteiramente desenvolvidas na região cervical de *Clidastes*, *Mosasaurus conodon*, *M. missouriensis*, *Platecarpus*, *Ectenosaurus* e *Tylosaurus*,

mas são reduzidas em tamanho posteriormente, de modo que as vértebras na região lombar posterior possuem zigapófises abaixo de dois terços das dimensões daquelas do pescoço. Não somente as zigapófises diminuem de tamanho posteriormente, mas elas também se aproximam mais da linha média do centro. A articulação zigofene-zigantro é bem desenvolvida nas vértebras dorsais de *Clidastes* e *Ectenosaurus* e apresentam pequena redução na região posterior desta porção da coluna. Em *M. conodon*, de qualquer maneira, esta articulação torna-se não funcional na região entre a terceira e a sétima vértebra dorsal. Zigofene estão ausentes em *Plotosaurus*, *Plioplatecarpus*, *Prognathodon* e *Tylosaurus*.

O centro das vértebras dorsais crescem ligeiramente em comprimento até aproximadamente a metade da série dorsal em *Clidastes*; a partir deste ponto diminuem gradualmente o comprimento de tal modo que a última vértebra dorsal é semelhante à primeira nestas dimensões. O grau de curvatura da articulação central torna-se maior posteriormente em todos os mosassauros. As facetas de articulação da série dorsal anterior são circulares em *Clidastes*, *Mosasaurus maximus* e *Tylosaurus*, transversalmente oval em *M. conodon*, *Plotosaurus*, *Platecarpus*, *Plioplatecarpus*, *Ectenosaurus* e *Prognathodon*, e dorso-ventralmente comprimido em *Halisaurus*. Na região dorsal mais posterior elas tomam o contorno de um triângulo isósceles com ápice arredondado e um lado direcionando-se ventralmente.

As sinapófises originam-se na porção ântero-dorsal da superfície lateral do centro torácico em *Clidastes*, *Mosasaurus*, *Plotosaurus*, *Prognathodon* e *Tylosaurus*, e na porção mais central no alto da superfície lateral em *Platecarpus* e *Plioplatecarpus*.

6.2.5. VÉRTEBRAS CAUDAIS

O ílio perdeu todo contato com a coluna vertebral nos mosassauros, fazendo da identificação da primeira vértebra sacral uma grande discussão. A pélvis tem sido achada associada com vértebras na região anterior das séries pigiais (Williston & Case, 1892), com vértebras próximas ao seu centro (Williston, 1904; Capps, 1907) e com vértebras próximas à região posterior (Marsh, 1872b; Osborn, 1899a). Com base em associações vertebrais, vários autores (Marsh, 1872b; Cope, 1875; Owen, 1879) concluíram que a pélvis é estabelecida no centro ou na extremidade posterior das séries pigiais. Outros autores

(Williston & Case, 1892; Williston, 1897c, 1898b; Merriam, 1894; Osborn, 1899a; Huene, 1911; Camp, 1942) acreditam que o ílio foi conectado por ligamentos ao processo transversal da primeira vértebra pigial e que esta vértebra foi, de fato, a verdadeira "sacral". Esta última opinião encontra seu forte suporte no fato de que o processo transversal da primeira vértebra pigial é mais que duas vezes o comprimento da sinapófise da última dorsal.

A porção caudal da coluna vertebral dos mosassauros pode ser dividida em três regiões: a região basal onde faltam os arcos hemais das vértebras, uma região intermediária onde elas possuem arcos hemais e processos transversos e a região terminal onde os processos transversos estão ausentes. Vértebras do primeiro tipo têm sido chamadas "pigiais" por Williston & Case (1892) ou "pigal" por Williston (1898b). A vértebra sacral é considerada aqui como a primeira vértebra pigial.

As espinhas neurais da base da série caudal são idênticas àsquelas das dorsais mais posteriores. Elas diminuem de tamanho posteriormente, mas com uma proporção menor do que o encurtamento do centro, como resultado as espinhas assumem um contorno progressivamente mais delgado em visão lateral. Próximo ao início da metade posterior da cauda as espinhas neurais tornam-se verticais e ligeiramente alongadas. Elas declinam anteriormente e crescem em comprimento, sobre as pós-sacrais 41-42 em *Clidastes*, 42-44 em *Mosasaurus* e 42-44 em *Plotosaurus*, até que tornam-se de novo verticais e atingem um máximo em altura totalizando 50% de crescimento acima das espinhas das vértebras caudais precedentes. A espinha neural assume uma inclinação posterior e diminui em altura para a extremidade posterior da série caudal. Nesta região as espinhas neurais da cauda são fortemente inclinadas posteriormente. Próximo à base, tornam-se mais orientadas verticalmente, e ligeiramente expandidas distalmente.

Zigapófises funcionais nunca estão presentes, exceto nas vértebras caudais mais anteriores. As zigapófises anteriores, em uma forma muito rudimentar, ocorrem por toda série caudal. No centro da série caudal as zigapófises aproximam-se gradualmente da linha média vertebral.

As articulações do centro são sub-triangulares na base da cauda em *Clidastes*, *Plotosaurus*, *Platecarpus* e *Tylosaurus* e tendem a tornar-se sub-hexagonais no centro de vértebras posteriores que seguem após a série pigial. As faces dos centros na porção anterior da cauda são relativamente altas em *Clidastes*, menos em *Tylosaurus*, e ainda

mais baixas em *Platecarpus*. Anteriormente, as alturas das faces não excedem sua largura nestes três gêneros, embora atrás da porção dilatada da cauda as facetas tornem-se mais comprimidas e tomem uma forma verticalmente oval. De acordo com Martin (1953), as articulações centrais da coluna vertebral de *Mosasaurus conodon* são sub-triangulares na base da cauda, mudando gradualmente para um contorno vertical oval na décima-terceira pós-sacral, para um contorno circular na vigésima-sétima e, para um contorno oval horizontalmente deste ponto para o final da cauda. Os centros caudais mais posteriores de *M. maximus* não são conhecidos, mas as faces das regiões caudais mais anteriores são similares às vértebras correspondentes em *M. conodon*. Exceto por serem menos deprimidas, as articulações do centro na cauda de *Ectenosaurus* parecem ser similares àquelas de *Platecarpus*. A face do centro de uma vértebra caudal de *Prognathodon*, com processos transversos e arcos hemais, é sub-hexagonal em forma e igual em dimensões verticais e transversas (Cope, 1875). As dimensões da face do centro diminuem como diminuem as vértebras em tamanho posteriormente, mas nunca tornam-se proporcionalmente iguais àquelas achadas na porção pré-sacral da coluna vertebral.

O centro das caudais diminui em comprimento, mas não em uma proporção uniforme. Em caudas completas de *Clidastes liodontus*, *Mosasaurus conodon* e *Platecarpus*, o centro na região pigial diminui em comprimento numa porcentagem de cerca de 3% por vértebra; posteriormente a porcentagem é diminuída em torno de 1% por vértebra (Williston & Case, 1892; Martin, 1953). A porcentagem pode flutuar na porção mediana da cauda, mas geralmente cresce e, para a extremidade final da cauda, a porcentagem normalmente cresce para um máximo em torno de 5% por vértebra. Em *Tylosaurus*, o padrão é similar, embora a porcentagem de redução da vértebra na porção preservada da metade posterior da cauda é baixa (cerca de 1,5%). A vértebra pigial de *Plotosaurus* diminui abaixo da porcentagem (menos de 1% por vértebra) que aquelas de outros mosassauros, mas posteriormente, a proporção é similar.

Os processos transversos das vértebras pigiais são dorso-ventralmente comprimidos. Eles atingem mais de duas vezes o tamanho das sinapófises das vértebras dorsais precedentes. Os processos transversos originam-se na porção anterior da margem ventro-lateral das vértebras pigiais e projetam-se ventro-lateralmente em ângulos entre 20° e

30°. Os processos transversos mais posteriores tendem a tomar uma posição elevada lateralmente.

Os arcos hemais estão presentes ao longo de toda a região pós-pigial da cauda em mosassauros e articulações rudimentares ou arcos podem estar presentes na última pigial. Os arcos hemais são relativamente mais longos nos Mosasaurinae do que em outros mosassauros.

6.3. ESCÁPULA (figura 26)

A base da escápula de mosassauros é longitudinalmente elíptica em aspecto ventral, e é separada em uma face menor que se articula com o coracóide e uma larga face póstero-lateral formando a metade dorsal da fossa glenóide (figura 26). A face do coracóide localiza-se ventralmente e tem uma superfície irregular pontuada e enrugada que foi coberta por cartilagem em vida.

Dorsalmente a sua base, a escápula é ligeiramente comprimida em todas as direções e em secção transversal estreita-se em uma borda dorsal abruptamente truncada e moderadamente fina. Em aspecto lateral e acima desse pescoço, a escápula é expandida em ambas as direções, em forma semelhante a um leque.

Em vida, a escápula colocava-se em um plano declinado dorso-lateralmente e ântero-medialmente.

6.4. CORACÓIDE (figura 26)

A face da escápula em contato com o coracóide é essencialmente a imagem refletida da face do coracóide em contato com a escápula. O coracóide é, aproximadamente, horizontal e delgado em uma direção transversal e expande-se ântero-posteriormente em uma estrutura em forma de leque aproximando-se da linha média ventral do corpo.

6.5. CLAVÍCULA (figura 27D)

A clavícula é conhecida somente em *Plotosaurus*, mas articulações na interclavícula mostram que ela estava presente em várias formas. Em *Plotosaurus*, o osso tem forma semelhante a do jugal, sendo menos recurvado.

6.6. INTERCLAVÍCULA (figura 27)

Interclavículas foram descritas em *Clidastes propython* (figura 27B), *Mosasaurus conodon* (figura 27A), *Plotosaurus bennisoni*, *Plotosaurus tuckeri* (figura 27D), *Platecarpus* (figura 27C) e em *Plioplatecarpus* (Holland, 1908; Holland, 1908; Martin, 1953; Camp, 1942; Williston, 1899; Capps, 1907; Camp, 1942; Dollo, 1885b).

A interclavícula é um elemento fino e liso que estreita-se anteriormente para uma extremidade expandida. A extremidade posterior é profundamente cortada medialmente e excessivamente estriada longitudinalmente.

Em *Mosasaurus conodon* a superfície dorsal da interclavícula é lateralmente e ântero-posteriormente côncava. A extremidade posterior é expandida e cortada medialmente. O osso continua anteriormente em uma longa lâmina que é interrompida próximo a sua extremidade anterior por um curto processo lateral de cada lado. A haste é, depois, comprimida e origina dois processos assimetricamente divergentes de articulação com as clavículas. Em *Plotosaurus* a interclavícula é oval em secção transversal e uma haste dilatada ocorre na região dos processos laterais de *M. conodon*, mas o osso é, em outro aspecto, muito similar àquele de *M. conodon*. Em *Platecarpus* é uma simples haste lisa com uma possível dilatação próxima à sua extremidade anterior. Williston (*apud* Holland, 1908) determinou que faces de articulações com clavículas vestigiais podem estar presentes. A interclavícula de *Plioplatecarpus* é provavelmente similar àquela de *Platecarpus*, mas a dilatação na porção anterior da haste parece ser mais distinta.

6.7. ÚMERO (figura 28)

O úmero em mosassauros varia muito, tanto em tamanho como em forma. A extremidade distal é dividida em duas faces planas verticais. A face radial oval direciona-se ântero-lateralmente e reúne-se a mais comprimida face ulnar atrás dela em um ângulo de 135°. Uma proeminente tuberosidade radial (ectepicôndilo), anteriormente direcionada, provavelmente providencia um ponto de origem para musculaturas extensoras direcionadas póstero-lateralmente, e para ligamentos que estendem-se ao longo da margem principal dos membros. A tuberosidade ulnar (entepicôndilo) é muito bem desenvolvida e projeta-se póstero-ventralmente da curva póstero-lateral do úmero.

O úmero de *Clidastes liodontus* e *C. propython* é um osso retangular, comprido em extensão e expandido em ambas as extremidades. A superfície de articulação glenóide tem sua dimensão longa e é convexa em direção dorso-ventral. A forma da articulação glenóide sugere que o úmero foi mais livre para mover-se dorso-ventralmente do que ântero-posteriormente (figura 28D).

6.8. RÁDIO (figura 29)

Em *Clidastes liodontus* e *C. propython* a extremidade proximal do rádio é espessa ajustando-se à face radial oval do úmero. Distalmente, a haste radial estreita-se e depois expande-se na forma de um largo leque. Uma face ligeiramente côncava e declinada ocupa sua borda póstero-distal. A borda anterior fina do leque provavelmente suporta ligamentos que surgem na tuberosidade radial do úmero e passam lateralmente ao longo da borda principal do membro. Esta porção do leque não é tão bem desenvolvida em *C. sternbergi*.

Em *Mosasaurus ivoensis* o rádio lembra aquele de *Clidastes* mas é mais amplo e a extremidade distal é menos dilatada (Williston, 1902). O rádio é grande em *M. missouriensis* (segundo Williston, 1898b) e em *M. conodon*. Comparado à *Clidastes*, as articulações do úmero e do rádio são proporcionalmente mais amplas e mais proximamente paralelas; a margem anterior é fina, porém larga, estendendo-se proximalmente acima da

haste radial, e dando à estrutura um contorno mais retangular. O rádio de *Plotosaurus* é similar àquele de *M. conodon*, mas a margem anterior é muito menor.

Em *Platecarpus*, a haste do rádio é larga e os elementos estão expandidos em ambas as extremidades, distalmente mais que na região proximal. As superfícies articulares são ásperas e foram, sem dúvidas, cobertas por cartilagem. O rádio de *Plioplatecarpus* é idêntico àquele de *Platecarpus* na forma geral, mas é muito mais proporcional (Dollo, 1882). A extremidade proximal do rádio de *Ectenosaurus* não é expandida, mas este, em forma geral, é também semelhante àquele de *Platecarpus*. Em *Prognathodon* o rádio é curto e amplo, tendo um contorno quase quadrado (Cope, 1875). Um rádio similar figurado por Cope (1869-1870) que pode ter pertencido a *Prognathodon rapax*, tem uma face bem desenvolvida sobre a borda póstero-distal do osso. Este faz articulação com a ulna. O rádio de *Tylosaurus* é longo e delgado e tem uma borda anterior muito menor (figura 29D).

6.9. ULNA (figura 29)

A ulna tem uma forma semelhante a um cálice em *Clidastes liodontus* e *C. propython*, embora a simetria da extremidade proximal seja interrompida por uma articulação umeral ântero-lateralmente inclinada e pela presença de um bem formado processo olécrano. Uma larga faceta mediana do ulnar, margeada anteriormente ao intermédio e posteriormente ao pisiforme, ocupa a extremidade distal da ulna. O rádio e a ulna juntam-se a um forâmen antebraquial em *Clidastes*, através do nervo mediano que passava pelos músculos flexores dos membros anteriores. A ulna é essencialmente similar em *Mosasaurus conodon* e *M. missouriensis* (segundo Williston, 1898b), mas a extremidade distal é mais expandida em *Plotosaurus*. O forâmen antebraquial é mais elíptico em *Tylosaurus*.

A ulna de *Platecarpus* tem uma haste mais ampla que aquela de *Clidastes* e falta uma faceta ântero-distal do intermédio. Em *Ectenosaurus*, a extremidade distal é mais expandida que a proximal, em contraste com todos os gêneros precedentes. Nesta forma e em *Platecarpus*, o forâmen antebraquial é proximamente circular. A ulna de *Plioplatecarpus* é evidentemente peculiar, devido a ambos, processo olécrano e porção póstero-distal do osso, estarem reduzidos dando a ela uma aparência curvada (Dollo, 1882). O forâmen antebraquial

é circular e muito pequeno. Em *Tylosaurus* e *Clidastes sternbergi* a longa e delgada ulna é fortemente expandida distalmente, embora o processo olécrano esteja bem desenvolvido. O forâmen antebraquial, em ambas as formas, é lenticular (figura 29 A e 29D).

6.10. ELEMENTOS CARPAIS (figura 29)

Os elementos carpais são muito similares em *Clidastes liodontus*, *C. propython*, *Mosasaurus conodon* e *M. missouriensis*. O radial é especialmente largo, o intermédio e o ulnar são bem ossificados e também estão presentes, bem como, um segundo, um terceiro e um quarto carpal distal. Nos gêneros citados anteriormente, o intermédio atua amplamente na formação do forâmen antebraquial e em *Clidastes* o radial pode também margeá-lo. Os elementos carpais são bastante desenvolvidos no ponto em que unem-se ao rádio-ulna, mas diminuem em espessura em suas articulações metacarpais. Um delgado pisiforme contacta a ulna e o ulnar. Todas as articulações são abruptamente truncadas, e a superfície flexora e extensora dos elementos são proximamente idênticas. O carpo de *Plotosaurus* é similar, mas o intermédio é excluído do forâmen antebraquial pelo rádio e ulna. Os elementos carpais do tipo esquelético de *C. sternbergi* estão um tanto espalhados e não podem ser claramente identificados.

Em *Platecarpus*, comparando com os espécimens acima, o carpo é muito menos ossificado. Geralmente, somente o ulnar, o intermédio e o terceiro e quarto carpal distal estão presentes, embora ocasionalmente pequenos ossículos podem ser preservados nas posições do radial e segundo carpal distal. Diferentemente à condição nos Mosasaurinae, ambos o intermédio e ulnar constituem igualmente a borda distal do forâmen antebraquial. Os carpais individuais são uniformemente espessos. As bordas foram revestidas irregularmente por cartilagem; as superfícies flexora e extensora são mais profundamente pontuadas que nos Mosasaurinae. O carpo de *Ectenosaurus* é geralmente muito similar àquele de *Platecarpus*, mas é mais completamente ossificado, um pequeno radial e um primeiro e segundo carpal distal estão presentes também. Os quatro largos elementos, o ulnar, o intermédio, terceiro e quarto carpal distal são quase iguais e amplos como aqueles de *Platecarpus*. Somente um ulnar (?) e um ossículo na posição do quarto carpal distal estão presentes em *Tylosaurus* (figura 29D).

6.11. METACARPO E FALANGE (figura 29)

As garras das falanges terminais estão ausentes. Em *Clidastes*, (figura 29A) os metacarpos e falanges são achatados e diminuem gradualmente em espessura, distalmente. As superfícies articulares são pontualmente truncadas e encontram-se em um ângulo reto com a terminação longitudinal dos ossos. Neste local parece ter tido muito pouca cartilagem intervindo entre as falanges sucessivas. A fórmula falangeal de *Clidastes* não é conhecida, mas pode ter sido aproximadamente 4-5-5-5-3. Os dedos de um mosassauro são relativamente curtos, porém bastante largos. Os metacarpos e falanges de *Mosasaurus conodon* (figura 29B) são curtos e largos, mas os dígitos contém um grande número de elementos (a fórmula falangeal é cerca de 9-10-10-10-4), de tal modo que a pata anterior é relativamente maior que em *Clidastes*. Os dígitos parecem ter sido também mais estreitos (Dollo, 1894). Em *Plotosaurus* a multiplicação de falanges é comparável (10-10-10-7-2) àquela de *M. conodon* e os dígitos são igualmente estreitados para formar uma pata espalmada.

Em função do quinto dedo altamente divergente, as patas anteriores de *Platecarpus* parecem ser mais amplas que aquelas de *Clidastes*. Os metacarpos e falanges tendem a ter uma forma aproximada de um cálice em aspecto vertical e horizontal, preferivelmente àqueles aplainados, e as falanges estendem-se fortemente para a porção posterior. As extremidades das falanges são ásperas e foram arrematadas com cartilagem. As porções distais das patas anteriores de *Ectenosaurus* lembram mais proximamente as de *Platecarpus* do que as de Mosasaurinae. A fórmula falangeal de *Platecarpus* (figura 29C) é aproximadamente 4-6-7-5-3, e a de *Ectenosaurus* é (?)-4-5-5-(?).

Os dígitos das patas anteriores de *Tylosaurus* (figura 29D) são mais comprimidos que os de *Platecarpus*, mas menos que em *Mosasaurus conodon* e *Plotosaurus*. O quinto dígito é ligeiramente divergente (Williston, 1898b) e os dígitos restantes estendem-se ligeiramente para a região posterior distal. As falanges proximais são longas, delgadas e ligeiramente mais aplainadas que aquelas de *Platecarpus*, mas as extremidades foram similarmente terminadas em cartilagens. As falanges mais distais são relativamente bastante amplas e aplainadas. A fórmula falangeal, provavelmente, variou entre 5-7-9-10-11 e 5-8-8-9-9.

6.12. CINTURA PÉLVICA (figura 30)

A forma da borda da haste sinfisial de *Mosasaurus conodon* (figura 30A) indica que o ísquio e o púbis reúnem-se em pontos distintos na linha média ventral do corpo com uma relativamente pequena quantidade de cartilagem intermediária e foram orientados em plano transverso em ângulo de 30° na horizontal. A haste púbica é torcida tal que sua principal margem é girada ventralmente. Por ser a haste do púbis mais longa que a haste do ísquio, o acetábulo assume uma inclinação póstero-lateral. A haste sinfisial do ísquio foi deprimida, e tem um processo isquiático curvado póstero-dorsalmente. Neste espécimen, os três elementos pélvicos foram proximamente unidos por um tecido conjuntivo para formar um acetábulo sem perfuração. As facetas no púbis e ísquio indicam que a haste do ílio foi vertical em plano transverso e anteriormente inclinado em um ângulo acima de 60° em aspecto lateral.

6.12.1. ÍLIO

O ílio é delgado, sendo a extremidade que atua na formação do acetábulo mais ampla que a distal. Sua extremidade ventral é expandida e, em *Clidastes* e *Mosasaurus conodon*, divide-se em uma faceta ventral do ísquio, uma ântero-ventral do púbis, e uma faceta lateral ampla e côncava do acetábulo. Estas facetas são muito menos distintas em *Amphekepubis* (segundo Mehl, 1930), *Platecarpus* (figura 30B) e *Tylosaurus* (figura 30C). Em *Mosasaurus conodon*, *Amphekepubis* e *Platecarpus* há uma cicatriz visível na superfície posterior da extremidade ventral, possivelmente para fixação da porção do *M. iliocaudalis*. O acetábulo está preservado entre o bordo ventral e a linha média lateral do corpo, ocupando uma posição similar àquela da fossa glenóide.

O ílio é estreito em seu comprimento, a haste ligeiramente inclinada anteriormente acima da faceta do acetábulo. A haste é reta em *Tylosaurus*, mas a extremidade distal curva-se mais diretamente de forma ascendente em *Clidastes*, *Mosasaurus conodon* e *Amphekepubis*, e é curta e quase reta em *Platecarpus*. O ligamento do ílio-ísquio provavelmente insere-se próximo ao bordo posterior, como acontece em *Varanus*. O

ligamento ílio-púbis pode ter inserido próximo a extremidade ventral da margem anterior. A extremidade distal da haste ilíaca é abruptamente truncada em *Clidastes*, *Mosasaurus conodon*, *Platecarpus* e *Tylosaurus* e foi provavelmente fixada por ligamentos do processo transverso da primeira vértebra pigial (sacral). Em *Amphekepubis* o ílio parece ter sido afilado para um ponto distal. Por causa da perda do contato sacro-ilíaco, a pélvis dos mosassauros foi suportada inteiramente por musculatura do ventre e do dorso.

6.12.2. PÚBIS

O púbis é aproximadamente a imagem refletida do ísquio em forma, embora ele seja mais longo e mais fortemente direcionado ântero-medialmente. Em *Clidastes* e *Mosasaurus conodon*, a cabeça do púbis é dividida em três facetas quase iguais, uma dorso-posterior para o ílio, uma posterior para o ísquio e uma faceta acetabular côncava lateralmente. Como nos outros elementos pélvicos estas facetas são indistintamente separadas em *Amphekepubis*, *Platecarpus* e *Tylosaurus*. O corpo do púbis é comprimido em uma direção ântero-lateral/pósteromedial e curva-se mais diretamente em uma haste espatulada.

Em muitos mosassauros, um sólido processo surge do bordo anterior do púbis próximo à cabeça e projeta-se ântero-lateralmente em um ângulo reto com a haste. Em *Clidastes liodontus* e *C. propython* este processo é largo e retangular. Em *Mosasaurus conodon* ele é pequeno e triangular; em *Amphekepubis* ele é desenvolvido em um enorme processo que concorre com a haste do púbis em comprimento. O processo púbico está localizado relativamente mais próximo à cabeça em *Platecarpus* do que nas formas acima mencionadas e é pequeno, triangular e ligeiramente recurvado lateralmente. Em *C. sternbergi* (segundo Wiman, 1920) e *Tylosaurus*, o processo é representado por uma pequena ala do osso na cabeça do púbis exatamente em frente à faceta ilíaca.

O forâmen obturador penetra o púbis entre a bifurcação do processo púbico e a haste no centro da região acetabular do púbis em *M. conodon* e *Platecarpus*; em *C. liodontus*, *C. propython* e *Amphekepubis* ele encontra-se mais próximo a borda acetabular. Em *C. sternbergi* e *Tylosaurus*, onde o processo é rudimentar, o forâmen encontra-se mais próximo à margem anterior do púbis nesta região. A haste do púbis expande-se medialmente acima do dobro da sua largura na base do processo púbico em *Clidastes*, *M. conodon* e

Platecarpus, mas em *Amphekepubis* e *Tylosaurus* sua extremidade medial é totalmente expandida. Em *M. conodon* a borda anterior da haste púbica é curvada ventralmente.

6.12.3. ÍSQUIO

A haste do ísquio apresenta uma forma de "A" em aspecto ventral, com sua base sobre a linha média ventral do corpo e seu ápice na porção comprimida da haste, apenas expandido medialmente e a cabeça inclinando ântero-lateralmente.

Em *Clidastes liodontus*, *C. propython* e *Mosasaurus conodon* a cabeça do ísquio é dividida em três facetas distintas, uma larga dorso-lateral de articulação com o ílio, uma pequena anterior do púbis e outra pequena, direcionada lateralmente do segmento do acetábulo. Estas facetas são menos distintas em *Amphekepubis* e são ausentes na superfície pontuada articular da cabeça em *Platecarpus* e *Tylosaurus*.

A haste, da região medial do ísquio até a cabeça, é verticalmente elíptica em secção transversal e comprimida ântero-posteriormente em *Mosasaurus conodon* e *Amphekepubis*. A haste é estreita nesta região em *C. liodontus* e *C. propython*, mais ampla em *C. sternbergi* e *Tylosaurus*, e muito ampla em *Platecarpus*. A haste afina verticalmente e expande-se ântero-posteriormente para a linha média do corpo em *Clidastes*, *M. conodon* e *Amphekepubis*, é mais expandida em *Tylosaurus* e, particularmente expandida em uma direção ântero-medial em *Platecarpus*. A superfície ventral da porção medial do ísquio é longitudinalmente côncava em *Clidastes*, *Platecarpus* e *Tylosaurus*, e aplainada em *M. conodon* e *Amphekepubis*.

Uma crista baixa arredondada acompanha o comprimento da porção medial da superfície dorsal do ísquio. O tubérculo isquiático projeta-se diretamente para a porção posterior da superfície dorsal da haste. Ele é separado da cabeça do ísquio por um pequeno pescoço em *Clidastes*, *M. conodon*, *Amphekepubis* e *Platecarpus*, e por um pescoço muito mais longo em *Tylosaurus*. O tubérculo é bem desenvolvido em todos os mosassauros e serve como ponto de origem para o tendão do músculo *ischiocaudalis* e com o ponto de fixação para o ligamento puboischiadico-ilioischiadico.

6.13. FÊMUR (figura 31)

O fêmur em *Clidastes liodontus* e *C. propython* é um osso na forma de um "halter", expandido em ambas as extremidades e comprimido ao longo da porção central da haste. A cabeça do fêmur é, provavelmente, horizontalmente oval. Um pequeno trocânter interno encontra-se na curva ântero-ventral da extremidade proximal do osso, seu ápice capeado por cartilagem é separado somente por um estreito sulco da cabeça femoral. A extremidade distal do fêmur é abruptamente truncada por duas facetas lisas verticais, a anterior para a tíbia, mais larga e direcionada lateralmente e uma menor, posteriormente direcionada para a fíbula. Uma pequena tuberosidade está presente acima da porção anterior da faceta tibial que pode ter servido como um ponto de fixação de ligamentos, estendendo-se ao longo da margem principal da pata posterior.

Em *Amphekepubis* o fêmur é muito delgado. O trocânter interno é largo e localizado na superfície próximo-ventral da região medial do fêmur, resultando que o longo eixo da extremidade proximal do fêmur encontra-se em um ângulo reto com àquele da extremidade distal. O fêmur é mais compacto em *Mosasaurus conodon* (figura 31 A) que em *Clidastes* e *Amphekepubis*. O holótipo de *M. hoffmanni* apresenta o fêmur mais expandido na direção vertical, mas menos horizontalmente expandido na região distal, do que em *M. conodon*. Um trocânter interno muito largo está situado diretamente abaixo da cabeça do fêmur. A superfície próximo-dorsal do fêmur é desenvolvida em uma crista longitudinal em *M. hoffmanni*.

Em *Platecarpus* (figura 31B), *Prognathodon* e *Tylosaurus* (figura 31C) a extremidade articular do fêmur é irregularmente alta e enrugada, indicando a existência de uma espessa cobertura de cartilagem em vida. As facetas tibiais e fibular estão fusionadas em uma superfície distal contínua, embora a região da articulação tibial seja sempre mais espessa dorso-ventralmente. Em *Platecarpus*, e especialmente em *Tylosaurus*, a extremidade distal do fêmur é mais expandida em um plano horizontal do que a extremidade proximal. O trocânter interno é de proporções médias e situado sobre a margem ântero-ventral da porção proximal do fêmur em ambos os gêneros. Em *Prognathodon* as extremidades proximais e distais são semelhantemente expandidas em um plano horizontal, e o trocânter interno é

moderadamente largo e localizado no centro da superfície próximo-ventral do fêmur (Cope, 1875).

Em *Varanus*, *Clidastes*, *Mosasaurus conodon*, *Platecarpus* e *Tylosaurus* o fêmur é aproximadamente igual ao úmero em comprimento; em *Prognathodon* (segundo Cope, 1875) é cerca de 25% menor.

6.14. TÍBIA (figura 31)

A tibia em *Clidastes* é um elemento plano, retangular e comprimido medialmente (Williston, 1898b). Uma superfície plana (*flange*) é desenvolvida na borda anterior da tibia em *Clidastes* (com exceção de *C. sternbergi*, ver Wiman, 1920), mas é margeada na porção central oposta da haste. Esta estrutura provavelmente ancorava ligamentos suportando a principal borda das patas posteriores. Uma faceta astragular, claramente definida, está presente posteriormente sobre a superfície articular distal. A tibia de *Amphikepubis* é proximamente idêntica àquela de *Clidastes*. A tibia de *Mosasaurus conodon* é também similar, mas a superfície plana (*flange*) anterior é maior, ligeiramente emarginada, e a faceta astragular inclina-se fortemente para a região posterior.

Em aspecto vertical, a tibia de *Platecarpus* possui a forma de um “halter”. As extremidades distal e proximal são igualmente expandidas, mas podem ser distinguidas pelo fato da extremidade distal ser mais larga e mais estreita. As superfícies articulares são irregulares e suas extremidades foram revestidas por cartilagem. A superfície plana (*flange*) anterior da tibia em *Tylosaurus* é caracteristicamente expandida para dar ao osso uma aparência mais retangular, a tibia tornando-se assim similar àquela de *Platecarpus*.

6.15. FÍBULA (figura 31)

A fibula de *Clidastes* é delgada, com o osso em forma de sino (Williston, 1898b). A tibia e a fibula delimitam um forâmen crural de forma lenticular. A fibula é maior em *Mosasaurus conodon* e sua extremidade proximal é mais expandida. O forâmen crural é proporcionalmente mais comprido que em *Clidastes*. A extremidade proximal da fibula em

Platecarpus é ligeiramente menos expandida que a extremidade distal, dando ao osso um contorno na forma de um cálice. A superfície plana (*flange*) póstero-distal é mais profundamente desenvolvida em *Tylosaurus* e a metade distal da fíbula não é tão simétrica como em *Platecarpus*. Nestes dois últimos gêneros o forâmen crural é lenticular (figura 31).

6.16. TARSAIS (figura 31)

Somente três elementos tarsais são conhecidos como presentes nas patas de mosassauros. Estes incluem um largo astrágalo, um ligeiramente menor calcâneo (ausente em *Tylosaurus*) e um quarto tarsal remanescente, em posição distal. O astrágalo de *Clidastes*, *Mosasaurus conodon* e *Amphekepabis* é amplo com a faceta fibular localizada em um curto pedúnculo direcionado medialmente. O astrágalo de *Platecarpus* é aproximadamente circular e tem uma pequena participação na formação do forâmen crural. Esta participação é ainda mais reduzida ou está totalmente ausente em *Tylosaurus*. Os metatarsos e falanges dos membros posteriores conhecidos são bastante similares aos elementos correspondentes dos membros anteriores, embora o quinto metatarso seja mais amplo que o quinto metacarpo. Os dedos estendem-se fortemente para a região póstero-distal em *Platecarpus* e menos em *M. conodon* e *Tylosaurus*. O quinto dedo de ambas as mãos e pés é relativamente longo em *Tylosaurus*. A fórmula falangeal aproximada dos pés em *M. conodon* é 8-9-9-9-4, em *Platecarpus* é 4-5-5-5-3 e em *Tylosaurus* é 5-8-8-8-6.

6.17. DENTIÇÃO

Os caracteres dos dentes são muito semelhantes àqueles das serpentes e lembram menos àqueles dos lagartos, já que eles não apresentam raízes verdadeiras. Os pterigóides, que estão em contato em *Mosasaurus* e são livres em *Clidastes*, possuem uma grande quantidade de dentes, como nas serpentes.

Os dentes em mosassauros apresentam-se em vários estágios de substituição preenchendo as margens alveolares das mandíbulas superiores e inferiores. Eles são organizados em uma fileira simples em cada ramo mandibular, com a margem posterior

(comissural) da base do dente contactando, ou muito próximo, à margem anterior da base do dente adjacente (sinfisiária).

A substituição dentária é bastante particular, o primeiro estágio no processo de substituição ocorre quando uma cova abre-se na mandíbula circundando o dente a partir da sua face lingual, iniciando-se neste local o desenvolvimento do dente sucessor. Esta cavidade logo em seguida rompe a superfície alveolar e continua a alargar-se expandindo-se na base do dente antigo. O esmalte do dente sucessor é formado nesta cavidade e, eventualmente, somente a periferia do dente antigo resta. Ele é facilmente descartado e o novo dente o substitui, com o tempo a dentina é depositada nesta capa de esmalte e uma nova base é formada. Nos mosassauros a substituição parece ser contínua (“em bloco”) e leva a crer que o novo dente pode iniciar sua atuação no processo de captura da presa antes mesmo da perda do dente mais antigo.

A condição aqui relatada pode ser perfeitamente observada nos exemplares DGM 265-R para *Tylosaurus* sp. e DGM 266-R (figura 32) para *Platecarpus coryphaeus*, representantes da família MOSASAURIDAE, fato que nos leva a crer estar este padrão associado ao hábito alimentar dos mosassauros em geral, nos permitindo a extensão da característica às formas brasileiras analisadas no presente estudo.

Este tipo de substituição dentária encontra alguma correspondência no padrão de substituição dos Galeomorphii, elasmobrânquios que, embora filogeneticamente afastados, apresentam hábito alimentar correlato, com dentição adaptada à apreensão de presas ativas e de grande porte. Esta aparente convergência pode explicar o fato de dentes de mosassauros serem, em geral, encontrados isolados no sedimento, a exemplo do que ocorre com os dentes dos elasmobrânquios.

Evidentemente, a elucidação dos mecanismos genéticos e funcionais envolvidos na configuração do padrão de substituição dentária dos mosassauros ainda carece de uma série de estudos adicionais. A constatação do fenômeno assume importância devido às poucas referências correlatas na bibliografia relacionada ao grupo.

A coroa dos dentes marginais em *Mosasaurus* é larga e dividida em superfície lingual e labial por uma carena longitudinal. A superfície lingual do dente é mais convexa em secção transversal; a superfície labial é mais plana, ambas sendo divididas por cristas verticais em prismas (facetas). Os ápices dos dentes são póstero-internamente

inclinados. A tênue camada de esmalte externo é revestida no nível inferior por uma camada espessa de dentina que é deprimida e forma a cavidade pulpar no centro da coroa. Ela forma uma escavação semelhante a um cone invertido na base do dente. A largura da base do dente excede a altura da coroa por uma vez e meia e é também posteriormente inclinada.

Em *Mosasaurus maximus* os dentes são pequenos na pré-maxila e na região anterior do dentário e crescem em tamanho posteriormente até um ponto próximo à região média da mandíbula. Eles, então, gradualmente diminuem de tamanho em direção posterior. Neste caso, a face lingual do dente também é mais convexa do que a face labial. Os dentes posteriores tendem a ser comprimidos lateralmente. Em *Mosasaurus* cada pré-maxila possui dois dentes; a maxila possui, em geral, 13 a 14 dentes; enquanto o dentário comporta, aproximadamente, 14 a 15.

Na porção média da mandíbula de *Clidastes*, os dentes são bicarenados, lateralmente comprimidos e, cobertos com uma lisa camada de esmalte. As superfícies lingual e labial são semelhantes e separadas uma da outra pelas bem desenvolvidas carenas anterior e posterior. Os dentes são de base ampla e triangular, em aspecto lateral, com o ápice da coroa ligeiramente curvado posteriormente. Anteriormente, os dentes são alongados e mais fortemente curvados. A carena posterior está ausente nos dentes mais anteriores e os dentes são triangulares em secção transversal, com arredondamento posterior da base triangular. Os dentes diminuem em tamanho posteriormente e tornam-se mais circulares em secção transversal e fortemente recurvados. Os dentes da mandíbula e da maxila de regiões correspondentes são semelhantes. Em *Clidastes liodontus* cada pré-maxila possui dois dentes; a maxila possui, em geral, 14 a 15 dentes; enquanto o dentário comporta, aproximadamente, 16 dentes. Em *C. propython* existem 18 dentes em cada maxila e 17 a 18 em cada dentário.

Os dentes maxilares de *Globidens alabamaensis* são circulares em secção transversal e proximamente em perfil lateral (Gilmore, 1921). Anteriormente, os dentes são pequenos em diâmetro com as bases ântero-ventralmente inclinadas. Os dentes crescem em tamanho e as bases tornam-se verticais passando a inclinar-se para trás a partir do décimo dente.

Em *Plotosaurus*, existem 20 dentes na fileira superior em cada lado e 17 dentes e alvéolos visíveis em cada dentário. Existem dois pequenos dentes pré-maxilares.

Então segue uma série de dentes de grandes dimensões sendo que o décimo e o décimo-primeiro são bastante largos. Os dentes anteriores são comprimidos e têm delicadas carenas anterior e posterior, enquanto que nos oito dentes menores posteriores, maxilares e mandibulares, a secção transversal é mais circular, as coroas são menores, mais abruptamente recurvados, e as delicadas estrias da face lingual e labial são mais distintas. As estrias são bastante tênues nos dentes mais posteriores. As coroas são mais altas que em outros mosassauros conhecidos (Camp, 1942).

Em *Platecarpus* as coroas dos dentes são longas e delgadas. Elas são proximamente circulares em secção transversal da base e as carenas anterior e posterior tornam-se mais distintas quanto mais próximas estiverem do ápice da coroa. A superfície labial da coroa é fortemente facetada e a superfície lingual é marcada com pequenas rugas verticais. Os dentes são pobremente diferenciados ao longo da maxila, embora os mais anteriores sejam, geralmente, menores que os médios, sendo os dentes mais posteriores relativamente menores e mais fortes. Os dentes da maxila são, ligeiramente, mais largos que aqueles do dentário e são póstero-medialmente recurvados. Em *Platecarpus* cada pré-maxila possui dois dentes; a maxila possui, em geral, 12 dentes, enquanto o dentário comporta, aproximadamente, 12 (raramente 11). Dentes isolados de *Plioplatecarpus* e *Ectenosaurus* são muito similares àqueles de *Platecarpus*.

A base dos dentes em *Platecarpus intermedius* é peculiarmente dilatada na porção superior em comparação com outros mosassauros conhecidos. Os únicos dentes preservados inteiramente são aqueles da porção fragmentada do dentário do holótipo. Estes dentes assemelham-se àqueles de *Clidastes* em perfil lateral, mas têm uma aparência muito mais dilatada, com planos, de lados gentilmente arredondados. Dentes semelhantes na parte anterior do dentário são mais comprimidos e possuem o ápice da coroa muito bem definida.

Em *Prognathodon overtoni* as coroas dos dentes das regiões central e posterior da maxila são largas e triangulares em linha lateral (Williston, 1898b). Eles são bicarenados, com as superfícies lingual e labial semelhantes em tamanho e cobertas por um esmalte liso. O ápice dos dentes é ligeiramente recurvados póstero-medialmente. Em secção transversal os dentes são ovais, com o eixo direcionado ântero-posteriormente, e um tanto dilatados em vez de comprimidos. Os dentes na porção anterior da mandíbula são menores, mais delgados e mais recurvados sendo sub-circulares em secção transversal. Os dentes são

semelhantes na maxila e mandíbula. Cada pré-maxila possui dois dentes; a maxila possui, em geral, 12 dentes; enquanto o dentário comporta, aproximadamente, 14 dentes.

Em *Plesiotylosaurus*, os dentes são excepcionalmente largos e rigorosamente espaçados (Camp, 1942). Os dentes mandibulares parecem ser muito semelhantes àqueles de *Prognathodon*, exceto pelas coroas elevadas que este último apresenta. Cada pré-maxila possui dois dentes; a maxila possui, em geral, 13 dentes, enquanto o dentário comporta, aproximadamente, 16 a 17 dentes.

Os dentes de *Tylosaurus* são extraordinariamente quebradiços e muito dificilmente são preservados inteiros em espécimens coletados no Calcário Niobrara. Em perfil lateral são triangulares com o ápice ligeiramente recurvado póstero-medialmente. Os dentes assemelham-se àqueles de *Mosasaurus* em secção transversal, com a face lingual apresentando convexidade mais acentuada que a face labial. As carenas que separam essas superfícies são menos desenvolvidas que em *Mosasaurus*. O esmalte não é facetado, embora existam algumas rugas verticais em ambas. Eles são largos no centro da mandíbula, tornando-se menores anteriormente e posteriormente. A face labial é posicionada ântero-lateralmente nos dentes mais anteriores. Os dentes são semelhantes na maxila e no dentário. Cada pré-maxila possui dois dentes; a maxila possui, em geral, 12 a 13 dentes (12 ocorrendo mais freqüentemente em *T. nepaeolicus*, 13 mais freqüentemente em *T. proriger*) enquanto o dentário comporta, aproximadamente, 13 dentes.

7. SISTEMÁTICA DO GRUPO

A classificação dos mosassauros em grupos subordinados teve uma história bastante complexa. Cope (1869b) originalmente dividiu os Pythonomorpha em duas famílias, os MOSASAURIDAE e os CLIDASTIDAE. Na primeira família foram incluídos os gêneros *Macrosaurus*, *Mosasaurus* e *Platecarpus*. Em CLIDASTIDAE incluiu-se somente *Clidastes*, que foi caracterizado pela presença de articulações zigosfenais vertebrais e pela separação dos pterigóides. Cope em sua sinopse de 1869-1870, acrescentou *Halisaurus*, *Liodon*, *Polygonodon* (um dente de peixe) e *Tylosaurus* para a família MOSASAURIDAE. Uma classificação posterior foi apresentada no trabalho de Marsh (1876) onde as famílias EDESTOSAURIDAE (baseado em *Edestosaurus*=*Clidastes*) e TYLOSAURIDAE foram mencionadas, mas não caracterizadas.

Dollo (1884, 1885b) classificou os mosassauros como uma subordem dos Lacertilia e separou-os em duas famílias, os PLIOPLATECARPIDAE, definidos como possuindo um sacro, uma interclavícula e um canal através do basioccipital-basisfenóide, sendo presumivelmente ausentes na outra família, os MOSASAURIDAE. Em MOSASAURIDAE o autor incluiu *Clidastes*, *Mosasaurus*, *Liodon*, *Platecarpus*, *Halisaurus* e *Tylosaurus*. Em PLIOPLATECARPIDAE inclui um único gênero *Plioplatecarpus*. Cope (1889) abandonou a família por ele criada CLIDASTIDAE e usou a subdivisão em duas famílias como anteriormente Dollo fazia. Dollo (1890) fez uma nova divisão dos mosassauros em três grupos, baseados no grau de desenvolvimento do rostró sobre a pré-maxila, o tamanho do processo suprastapédial do quadrado e na fusão ou não dos arcos hemais no centro das vértebras caudais. O grupo "microrhynchous" continha *Platecarpus* e *Prognathodon*; o grupo "mesorhynchous" incluía *Clidastes* e *Mosasaurus*; o grupo "megarhynchous" com *Tylosaurus* e *Hainosaurus*. Neste trabalho, Dollo apenas citou que *Plioplatecarpus* possui características do grupo "microrhynchous". Dollo (1894) percebeu que as vértebras sacrais originais dos dois espécimens de *Plioplatecarpus* foram patologicamente fusionadas e que uma interclavícula esteve também presente em *Mosasaurus*. Ele sinonimizou PLIOPLATECARPIDAE com MOSASAURIDAE e reconheceu ambas como uma família de mosassauros.

Williston (1895, 1897a) incluiu *Clidastes* e *Mosasaurus* nos MOSASAURIDAE e criou a família TYLOSAURIDAE para *Tylosaurus* e *Platecarpus* diagnosticando ambas as famílias pelos caracteres pós-craniais. Logo depois, o mesmo autor (Williston, 1897b) substituiu os grupos “microrhynchous”, “mesorhynchous” e “megarhynchous” de Dollo com as subfamílias Platecarpinae, Mosasaurinae e Tylosaurinae. Dollo (1924) redefiniu PLIOPLATECARPIDAE para o gênero *Plioplatecarpus* e propôs GLOBIDENSIDAE para *Globidens* e *Compressidens*. Esta última família foi bem aceita por Williston (1925), Gilmore (1928) e Romer (1956) e outros, porém Russell (1967) considerou-a uma sinonímia de Mosasaurinae.

A sistemática utilizada na presente dissertação utiliza a classificação apresentada em Carroll (1988) combinada com as tribos designadas por Russell (1967), que reúnem gêneros de mosassauros muito próximos.

Classe REPTILIA Linné, 1744

Subclasse DIAPSIDA Williston, 1925

Superordem LEPIDOSAURIA Romer, 1947

Ordem SQUAMATA Opperl, 1811

Subordem LACERTILIA (Wagler, 1830) Günther, 1867

Infraordem DIPLOGLOSSA Cope, 1864 (ANGUIMORPHA Fürbringer, 1926)

Superfamília VARANOIDEA Camp, 1923 (PLATYNOTA Duméril & Bibron, 1836)

Família NECROSAURIDAE Hoffstetter, 1943

Família AIGIALOSAURIDAE Kramberger, 1892

Família DOLICHOSAURIDAE Gervais, 1852

Família HELODERMATIDAE Gray, 1837

Família LANTHANOTIDAE McDowell & Bogert, 1954

Família VARANIDAE (Gray, 1827) Bonaparte, 1831

Família MOSASAURIDAE Gervais, 1853

Subfamília MOSASAURINAE (Gervais, 1853) Williston, 1897

Sinonímia:

CLIDASTIDAE Cope, 1869b

EDESTOSAURIDAE Marsh, 1876, *nomen nudum*

“mosasauriens mesorhynques” Dollo, 1890

MOSASAURIDAE Williston, 1895

Mosasaurinae Williston, 1897d

GLOBIDENSIDAE Dollo, 1924

Diagnose: “Rostro pequeno, presente ou ausente, anterior aos dentes pré-maxilares. Quatorze ou mais dentes presentes no dentário ou na maxila. Nervo cranial X, XI e XII saindo da parede lateral do opistótico através de dois forâmens. Nenhum canal ou ranhura da artéria basilar no piso do basioccipital ou basisfenóide da artéria basilar. Processo suprastapedial do quadrado distalmente expandido. Na margem dorsal do supra-angular, uma fina lâmina de osso eleva-se anteriormente para a superfície superior do coronóide”.

“No mínimo 31 vértebras pré-sacrais, podendo estar presente de 42 a 45 vértebras. Comprimento da série pré-sacral excede àquela da pós-sacral, espinha neurais das vértebras caudais posteriores alongadas para formar uma distinta barbatana. Arcos hemais fusionados ao centro caudal. Elementos apendiculares com superfícies articulares lisas, tarsos e carpos bem ossificados”.

Tribo MOSASAURINI

Diagnose: “Vinte ou mais vértebras pigiais estão presentes. Rádio e ulna amplamente separados por uma ponte dos elementos carpais sobre o bordo do forâmen antebraquial. A região esquelética na qual estes caracteres ocorrem ainda não são conhecidas em *Amphekepubis*, *Liodon* e *Compressidens*. O conhecimento morfológico desses gêneros, de qualquer maneira, é tão similar àquele encontrado em *Clidastes* e *Mosasaurus* que na ausência de informação contrária eles são incluídos na Tribo Mosasaurini”.

Tribo GLOBIDENSINI

A osteologia de *Globidens* provém de um conhecimento muito incompleto. Este grupo parece ter descendido de um ancestral semelhante a *Clidastes*, mas por causa do seus dentes esféricos altamente peculiar e das sólidas maxilas, eles são separados dos Mosasaurini em uma tribo distinta.

Tribo PLOTOSAURINI

Diagnose: “Mais de vinte vértebras pigiais estão presentes. Rádio e ulna em contato acima da *carpalia* sobre o bordo distal do forâmen antebraquial. A estruturas das patas nestas formas sugere que eles podem ser localizados em uma tribo distinta dos outros membros dos Mosasaurinae”.

Subfamília PLIOPLATECARPINAE (Dollo, 1884) Williston, 1897

Sinonímia:

PLIOPLATECARPIDAE Dollo, 1884

“mosasauriens microrhynques” Dollo, 1890

Platecarpinae Williston, 1897d

Diagnose: “O rosto pode estar presente ou ausente. Quando presente, é de tamanho pequeno e anterior aos dentes pré-maxilares. Vinte ou mais dentes no dentário e na maxila. Nervos craniais X, XI e XII saindo da parede lateral do opistótico através de um único forâmen. Presença de um canal ou ranhura da artéria basilar no piso do basioccipital e basisfenóide. Processo suprapedial do quadrado largo, terminado bruscamente e com lados paralelos. Margem dorsal do supra-angular arredondada e longitudinalmente horizontal”.

“Presença de 29 ou menos vértebras pré-sacrais. Comprimento da série pré-sacral menor que a série pós-sacral, a maioria das espinhas neurais das vértebras caudais posteriores ligeiramente alongadas, sem formar uma barbatana. Arcos hemais, geralmente, não se encontram fusionados ao centro caudal. Elementos apendiculares perderam a terminação lisa das superfícies articulares”.

Tribo PLIOPLATECARPINI

Diagnose: “Presença de um canal da artéria basilar que passa através do basioccipital e do basisfenóide da artéria basilar. Maxilas delicadas, dentes estriados e com secção transversal subcircular. Arcos hemais livres. Estes animais são, geralmente, animais de tamanho moderado, com maxilas relativamente curtas e dentes longos e delgados”.

Tribo PROGNATHODONTINI

Diagnose: “Ranhura no piso do basioccipital e do basisfenóide para artéria basilar. Mandíbulas sólidas, dentes facetados ou lisos e secção transversal elíptica. Arcos hemais livres ou fusionados com o centro caudal. Esses mosassauros são claramente de derivação Plioplatecarpini, mas possuem maxilas muito mais sólidas e uma dentição forte mais adaptada para esmagar materiais duros do que os membros da Tribo Plioplatecarpini”.

Subfamília TYLOSAURINAE (Williston, 1895) Williston, 1897

Sinonímia:

TYLOSAURIDAE Marsh, 1876, *nomen nudum*

“mosasaurines megarhynques” Dollo, 1890

TYLOSAURIDAE Williston, 1895

Tylosaurinae Williston, 1897d

Diagnose: “Presença de rostró largo anterior aos dentes pré-maxilares. Vinte ou mais dentes no dentário e na maxila. Nervos craniais X, XI e XII saindo da parede lateral do opistótico através de um único forâmen. Não há canal presente no basioccipital ou basisfenóide para artéria basilar. Processo suprapedial do quadrado moderadamente largo, distalmente pontuado. Margem dorsal do supra-angular arredondada e longitudinalmente horizontal”.

“Presença de 29 ou mais vértebras pré-sacrais. Comprimento da série pré-sacral menor que as das série pós-sacral em *Tylosaurus*, a maioria das espinhas neurais das vértebras caudais posteriores ligeiramente alongadas, sem formar uma barbatana apreciável. Os arcos hemais não estão fusionados ao centro caudal. Os elementos apendiculares perderam a terminação lisa das superfícies articulares”.

8. PALEOBIOLOGIA DOS MOSASAURIDAE

Os exemplares obtidos nas coleções já citadas e em coletas foram suficientes para se inferir vários fatores ambientais e ecológicos aos quais esses animais estiveram submetidos durante sua vida. Foram identificadas quatro tribos diferentes subjugadas a duas subfamília. Da subfamília Mosasaurinae constam as tribos Mosasaurini e Globidensini; da Subfamília Plioplatecarpinae constam as tribos Plioplatecarpini e Prognathodontini. Cada subfamília possui hábitos e nichos ecológicos diferentes. Os indivíduos que aparecem em maior quantidade nos afloramentos dos estados de Pernambuco e Paraíba são àqueles pertencentes à subfamília Mosasaurinae. Este grupo caracteriza-se por manter-se próximo à costa e por serem nadadores de grande velocidade alimentando-se principalmente de peixes rápidos mas incapazes de esquivar-se facilmente do ataque desses predadores. Os membros da tribo Globidensini apesar de pertencerem à mesma subfamília, divergiram muito no tipo de alimentação. Com seus dentes mamiliformes sua alimentação estava associada aos grupos de cefalópodes com carapaças duras (amônitas).

Os membros da subfamília Plioplatecarpinae aparecem em uma quantidade muito menor do que a apresentada pela família citada anteriormente. Seus representantes foram indivíduos que possuíam o corpo mais curto, tornando-se menos ágil, porém adquiriram adaptações que permitiram a exploração de profundidades maiores. Provavelmente, foram exímios mergulhadores alimentando-se de seres vivos que viviam em ambiente mais profundos. Talvez por isso, este grupo tenha menor representatividade nos afloramentos cretáceos da Bacia Pernambuco-Paraíba, já que estes representam um ambiente de plataforma continental (águas relativamente mais rasas, não sendo o típico habitat dos Plioplatecarpinae).

8.1. ASPECTOS EVOLUTIVOS

Estudos feitos por Russell (1967) baseado em caracteres morfológicos do crânio e do esqueleto pós-craniano leva-nos a crer na derivação dos mosassauros a partir de uma forma semelhante a um aigialossauro. Aigialossauros foram lagartos varanóides com

uma limitada adaptação à vida no meio aquático e uma modesta radiação evolutiva. Sua importância está na afinidade com os mosassauros (lagartos marinhos mais especializados à vida no ambiente aquático) principalmente pelas semelhanças dos crânios. Os típicos aigialossauros, são conhecidos somente do Cenomaniano-Turoniano das montanhas Balcãs (Bulgária), e o registro dos mosassauros inicia-se com a sucessão do andar Coniaciano. Embora os aigialossauros possam derivado aos mosassauros, é interessante lembrar que os Pró-aigialossauros do Jurássico Superior da Iugoslávia indicam que os aigialossauros estiveram claramente presentes durante o Cretáceo inferior.

Aigialossauros não possuem caracteres que os coloque definitivamente como os ancestrais dos mosassauros. Como ocorre em outras formas, há uma quebra morfológica entre as duas categorias, os aigialossauros não são simplesmente intermediários entre varanóides e mosassauros, mas fazem parte de um “mosaico” de caracteres do ancestral (varanóide) e do descendente (mosassauróide).

Os aigialossauros aproximam-se mais dos mosassauros nas características cranianas do que no esqueleto pós-cranial. A alta estreptostilia do quadrado e articulação esplênio-angular, aparentemente, dão às mandíbulas mobilidade suficiente para forçar objetos em direção à garganta sem necessitar da gravidade ou de um ponto sólido de influência. Esta adaptação, que libertou os aigialossauros de necessitar da superfície ou de precisar ir à terra para engolir sua presa, foi, provavelmente, crítica para capacitá-los a tornar-se verdadeiramente carnívoros pelágicos. Como consequência, o corpo e os membros foram modificados para tornarem-se órgãos mais efetivos na locomoção aquática. Com este último desenvolvimento, o nível de evolução mosassauriano foi atingido.

Pelo final da metade do Campaniano, a composição da fauna mosassauriana havia mudado na América do Norte. Os Tylosaurinae foram, evidentemente, suplantados ecologicamente por grandes mosassauros análogos (*Mosasaurus*, *Liodon*) e pelos mais avançados e menores clidastóides (*Plotosaurus*, *Taniwhasaurus*) habitantes da bacia do Pacífico. O gênero *Platecarpus* teria dado origem aos comedores de belemnites (*Plioplatecarpus*) e possivelmente às formas que se alimentavam de amonitas (*Prognathodon*).

Provavelmente, durante o Cenomaniano, dois tipos básicos separaram-se do estoque de aigialossauros avançados. Um tipo é representado pelos Plioplatecarpinae e o outro pelos Tylosaurinae. O número de dentes marginais nos Tylosaurinae é ligeiramente reduzido, a margem dorsal do supra-angular é arredondada e as saídas laterais dos nervos craniais X-XII unem-se externamente em um único forâmen. Com a possível exceção do gênero *Hainosaurus*, nunca houve mais que 29 vértebras pré-sacrais, sendo esta parte da coluna vertebral menor que a série caudal em comprimento. A cauda não é muito dilatada distalmente e a superfície articular dos membros foi coberta com uma camada espessa de cartilagem. Estas duas subfamílias foram muito próximas, mas logo depois desenvolveram caracteres divergentes no crânio. Nos Tylosaurinae, a crista otosfenóide tornou-se muito larga e um longo rostro cônico prolonga-se à frente dos dentes sobre a pré-maxila. Nos Plioplatecarpinae, um amplo canal para a artéria basilar desenvolveu-se no basisfenóide-basioccipital, e o processo suprastapedial do quadrado curvou-se ventralmente para atingir as proximidades do quadrado.

Os Tylosaurinae manifestam pouca diversidade específica e podem ter desaparecido nas formas americanas antes do início do Maastrichtiano, embora algumas tenham sobrevivido no Maastrichtiano da Europa e Nova Zelândia. Em geral, os Plioplatecarpinae aparecem em abundância durante o Campaniano nos Estados Unidos e, provavelmente, na Europa. Dos gêneros conhecidos podemos citar *Ectenosaurus*, *Platecarpus* e *Plioplatecarpus*, o último continuando até o Maastrichtiano na América do Norte e na Europa. Na parte superior do Campaniano e Maastrichtiano estas formas uniram-se a Plioplatecarpinae do tipo *Prognathodon* (*Dollosaurus*, *Plesiotylosaurus* e *Prognathodon*).

Os Mosasaurinae representam uma derivação de outro estoque básico dos mosassauros, e *Clidastes* pode ser considerado morfologicamente semelhante ao tipo ancestral da subfamília. O número de dentes marginais das mandíbulas dos membros deste grupo é maior que nos Plioplatecarpinae-Tylosaurinae. A margem dorsal do supra-angular é uma fina ala do osso que ascende ântero-dorsalmente para apoiar a extremidade posterior do coronóide. Os nervos craniais X-XII saem através de dois forâmens sobre a parede lateral da caixa craniana. Nunca houve menos que 31 vértebras pré-sacrais e, geralmente, mais de 40 vértebras estão presentes, sendo que esta porção da coluna excede a série caudal em

comprimento. As espinhas neurais e os arcos hemais são alongados próximo ao centro da cauda e suportam uma considerável barbatana caudal. Os elementos individuais dos membros articulam-se com um mínimo de intervenção de cartilagem (Russell, 1967).

Mosasaurus e *Liodon* são formas grandes estendendo-se do Santoniano ao Maastrichtiano da América do Norte e Europa, podendo ocorrer também na costa oeste da África e no Brasil. *Plotosaurus* da América do Norte e *Taniwhasaurus* da Nova Zelândia podem ser consideradas formas mais derivadas de *Clidastes*. Possivelmente, no final do Cenomaniano uma forma clidastóide adquiriu o hábito de alimentar-se de peixes com carapaças, desenvolvendo-se, assim, dentro do gênero *Globidens*, os dentes característicos em forma de cúpula, que têm sido achados nos sedimentos do Campaniano superior e Maastrichtiano, nos cinco continentes. Outra forma, menos divergente e mais delicada entre os mosassauros que alimentavam-se de animais com carapaça, é conhecida no Maastrichtiano da Europa (*Compressidens*).

Ao contrário do grande número de espécimens de mosassauros coletados nos depósitos do Cretáceo Superior no mundo e o detalhado estudo de sua osteologia, várias dificuldades são encontradas quando se tenta discernir o curso evolutivo do grupo. O registro da vida no Cretáceo Inferior é, ainda, esparsamente documentado sendo este o caso dos lagartos platinotas. Mesmo o relativamente significativo registro de mosassauros do Cretáceo Superior apresenta dificuldades em sua análise. Embora as formas do Santoniano, Campaniano e Maastrichtiano sejam bem conhecidas, aquelas de rochas intermediárias a essas idades não o são e, ainda, boas representações de formas que atinjam as duas primeiras idades são descritas somente para os Estados Unidos e Bélgica. A porção bem preservada do registro fóssil de mosassauros cobre somente 20 milhões de anos, um período muito pequeno de tempo para o desenvolvimento de graus adaptativos (Russell, 1967).

A razão da repentina aparição e rápida proliferação dos mosassauros pode ter resposta na exploração de um nicho ecológico não ocupado ou ineficientemente ocupada. Todas as evidências indicam que mosassauros foram carnívoros e perseguiram ativamente suas presas. A convergência de alguns mosassauros (*Plotosaurus*) com primitivos ictiossauros do Triássico (*Mixosaurus*) mostra que eles possivelmente foram substitutos ecológicos dos ictiossauros. O hábito dos plesiossauros foi menos conflitante, permitindo aos

mosassauros ocuparem e prosperarem no ambiente marinho, habitando ambos os grupos os mesmo mares até o final do Maastrichtiano. Talvez os plesiossauros alimentassem-se de peixes que vivessem no fundo de corpos de água rasa marinha.

Há indicação de que os últimos répteis do Campaniano representaram um alto grau adaptativo na evolução dos mosassauros. Um alto grau de estreptostilia está preservado em todos os mosassauros, bem como a articulação esplênio-angular, mas na maioria dos gêneros característicos do final do Campaniano-Maastrichtiano (*Mosasaurus*, *Plotosaurus*, *Prognathodon*, *Plesiotylosaurus*) o cinetismo cranial foi limitado ou perdido, em contraste com formas mais antigas. Há uma tendência para o crescimento do número de vértebras pigiais. Os dígitos em *M. conodon* e *Plotosaurus* tendem a ser mantidos mais unidos dando um aspecto mais arredondados do que espalmado, suportando uma membrana, os elementos falangeais são curtos (Camp, 1942). O úmero é mais proporcional e a escápula é relativamente maior em *Mosasaurus*, *Plotosaurus*, *Plioplatecarpus* e *Plesiotylosaurus*.

8.2. ABORDAGEM SOBRE A LOCOMOÇÃO

Após estudos dos músculos dos membros anteriores e posteriores com base nos músculos do grupo atual, VARANIDAE, mais próximo aos mosassauros, Russel (1967) chegou a conclusão que nem os membros anteriores e nem os membros posteriores dos mosassauros podem ter sido efetivamente usados como remos, mas podem ter servido para orientação do corpo na natação. Os membros anteriores posicionaram-se em um ângulo baixo em relação à superfície do corpo e a abdução e adução acompanhadas por movimentos de inversão e eversão das patas podem ter atuado como estruturas de direcionamento ("lemes") para o nado, com o eixo de rotação do membro entendendo-se ao longo da margem principal. Os membros posteriores posicionaram-se em um ângulo mais alto em relação à superfície do corpo e a rotação total da pata sobre um eixo medial possibilitou uma importante função no equilíbrio dos processos de abdução e adução. Fica claro assim que os mosassauros nadavam por ondulações laterais da porção posterior do corpo e da cauda, e que, as patas foram primariamente órgãos orientadores, tendo pequena capacidade para movimentos propulsivos anteriores e posteriores. Geralmente, um corpo de forma anguiliforme (como é o caso dos

mosassauros) não está capacitado a uma locomoção rápida retilínea. Os movimentos do tronco e da cauda limitam-se basicamente a movimentos laterais. Na direção dorso-ventral, o tronco é inflexível (Russel, 1967).

Além dos movimentos laterais, durante o nado os mosassauros foram capazes de mergulhar flexionando o pescoço e a porção anterior do tronco. Uma abrupta abdução das patas posteriores elevava a região posterior do tronco e da cauda, já que, conforme comentado, o movimento dorso-ventral era praticamente inexistente.

As proporções do corpo variaram muito entre os diferentes gêneros de mosassauros. Este fato provavelmente indica diferentes hábitos natatórios e, provavelmente, diferentes hábitos predatórios. *Clidastes* pode não ter sido tão ágil quanto outros mosassauros, por causa do seu corpo muito longo e pequenas patas. O desenvolvimento de uma barbatana caudal indica que ele foi um rápido nadador. A presença da barbatana sugere que ele foi melhor adaptado à predação de peixes de nado rápido que foram relativamente incapazes de movimentos repentinos evasivos. O corpo de *Plotosaurus* é similar àquele de *Clidastes*, embora as patas mais estreitas e a barbatana caudal mais bem desenvolvida impliquem em um nado mais rápido. Nos dois gêneros citados anteriormente e em *Mosasaurus*, geralmente um animal muito maior, há uma considerável perda da capacidade de fazer manobras com o corpo indicando uma propensão para alimentar-se de presas rápidas ou presas que não podem esquivar-se facilmente.

Comparando com os mosassauros mencionados acima, o corpo de *Platecarpus* é curto, as patas são largas e a cauda não é tão dilatada verticalmente. *Platecarpus* foi provavelmente um nadador mais lento, mas pode ter sido hábil para realizar curvas abruptas. Semelhante às focas, seu provável análogo recente, *Platecarpus* pode ter se alimentado predominantemente de peixes menores, mas altamente evasivos. *Tylosaurus* é uma forma grande e moderadamente delgada com patas estreitas e uma cauda quase idêntica àquela de *Platecarpus*. Foi, provavelmente, similar a *Mosasaurus* na habilidade de nadar, embora não tenha sido tão rápido. Como Williston (1925) observou, os ossos de *Tylosaurus* são muito ocos e foram provavelmente impregnados com gordura fato que, a exemplo do que ocorre com alguns cetáceos, aumenta a capacidade de flutuação do animal.

8.3. DINÂMICA ALIMENTAR

Em mosassauros não existe mastigação no âmbito da conceituação formal do termo. A exemplo dos demais répteis carnívoros de grande porte e de outros grupos biológicos de hábito alimentar semelhante, a dentição deveria atuar quase que exclusivamente, na tarefa de apreender a presa e cortar e/ou arrancar desta, porções de carne que, então, receberiam (na boca e por ação dos dentes) um tratamento preliminar visando apenas a redução do tamanho da porção obtida para posterior engolimento e digestão intra-estomacal. Assim é possível delimitar no sistema maxilo-mandibular desses répteis carnívoros diferentes áreas da dentição com diferentes funções no processo alimentar.

O formato alongado do crânio com o sistema maxilo-mandibular anteriormente projetado gera uma variação no potencial de atuação da musculatura adutora da mandíbula, principal atuante no processo em análise. Este fato diferencia as funções da dentição ao longo do sistema. Assim, os dentes anteriores, de ação mais veloz mas de menor potência de mordida, assumem o papel de apreensores da presa, arrancando a porção de alimento por movimentos rápidos da cabeça ou, mais precisamente no caso desses répteis, do corpo inteiro. A dentição mais comissural, de maior potência em função da proximidade com o ponto de inserção da musculatura adutora, é responsável pelo trabalho de redução pré-engolimento (pseudo-mastigação).

Alguns estudos foram feitos em décadas passadas tentando elucidar a ação das mandíbulas de um mosassauro no momento de ataque e de apreensão da presa e seu relacionamento com os outros ossos da cabeça. Kauffman & Kesling (1960) abordaram o movimento das mandíbulas baseando-se na orientação das mordidas de um mosassauro em um amonita. Alguns anos depois, Russell (1964) discutiu a mobilidade intracranial em mosassauros comparando ossos do crânio desses animais com os ossos e músculos do crânio de *Varanus* utilizando principalmente o trabalho de Frazzetta (1962).

Segundo Russell (1964 e 1967) nem todos os mosassauros possuem cinetismo. As formas mais antigas possuiriam o cinetismo como uma característica primitiva que não se perpetuou nas formas mais recentes como *Mosasaurus*, *Plotosaurus*, *Prognathodon* e *Plesiotylosaurus*. O termo cinetismo é usado aqui como uma condição

geral da maior ou menor mobilidade dos elementos do teto craniano e palato-quadrado (segmento maxilar) em relação à caixa craniana (segmento occipital).

Os responsáveis pelos efeitos mais importantes do cinetismo são os músculos *rectus capitis* posterior e anterior, inserindo-se, respectivamente, acima e abaixo do côndilo occipital. Se músculos superficiais como *spinalis capitis* acima e o *sternohyoideus* e *geniohyoideus* abaixo, suportassem o segmento maxilar e a mandíbula fixada relativamente próxima à articulação atlas-occipital, então uma contração alternativa dos dois músculos *rectus capitis* poderia girar o segmento para cima e para baixo da vértebra do atlas. A rotação do segmento occipital poderia então ser transmitida através da articulação do segmento maxilar prolongando ou retraindo a unidade do focinho (Russell, 1967).

A estreptostilia é um termo aqui usado no sentido de Russell (1967) para descrever a condição em que o quadrado teria perdido o seu contato anteriormente com a arcada temporal inferior e estaria livre do limite medial com o pterigóide. O osso é então suspenso flexivelmente pelo processo paroccipital dorsalmente e pela ativação de algum músculo fixado a ele sustentando-o acima do *quadratic cotylus* do processo paroccipital.

Kauffman & Kesling (1960), estudando impressão de mordidas de um mosassauro em uma grande concha de um amonita, perceberam que a impressão dos dentes de uma maxila sempre mantinha o mesmo relacionamento ântero-posterior com a impressão da outra maxila, indicando que não havia um movimento ântero-posterior da mandíbula na região sinfisial. De qualquer maneira, a impressão dos dentes da maxila e da mandíbula nem sempre alinhava uma com a outra ao se fecharem. Isso só poderia ocorrer se o quadrado fosse independentemente móvel.

Os músculos que atuaram na protração da maxila inferior foram o *pterygoideus* (o componente horizontal de força transmitida através da mandíbula poderia puxar a base do quadrado anteriormente) e o *depressor mandibulae* (girando a mandíbula ventralmente para atuar contra o componente dorsal do *pterygoideus*). A mandíbula foi retraída pelo componente de força horizontal de contração dos músculos adutores da mandíbula.

Um outro movimento que podemos citar é o da articulação entre o dentário e o supra-angular da mandíbula. A mandíbula é assim dividida em duas unidades: uma

posterior composta pelos ossos articular, angular, supra-angular e coronóide; e uma outra unidade anterior formada pelo esplenial e pelo dentário. Segundo Russell (1967), entre essas duas unidades haveria ligamentos que ficariam sob tensão para absorver o choque do impacto de um golpe da mandíbula sobre uma vítima. Esses ligamentos, auxiliados pelo deslizamento do *adductor mandibulae externus superficialis*, poderiam atuar na restauração da unidade anterior para sua posição inicial. A autora discorda da opinião de Russell (1967) onde o mesmo define como função para a articulação mandibular absorver o impacto da mandíbula com a maxila na captura da presa. Parece mais coerente afirmar que a articulação entre o esplenial e o angular permitiria uma abertura lateral do dentário, aumentando a área para apreensão e alojamento da presa na boca. As duas versões viriam a incrementar a capacidade dos mosassauros se alimentarem de presas maiores.

A condição de cinetismo aqui discutida pode ser exemplificada através da observação da morfologia da mandíbula de *Tylosaurus nepaeolicus* (figura 33).

Levando em consideração que o cinetismo não esteve presente nas formas de mosassauros dos últimos estágios do Cretáceo, podemos identificá-lo como uma característica primitiva herdada dos antecessores terrestres que não teve função fundamental no mecanismo de alimentação desses animais. Já a estreptostilia foi de grande importância, pois atuou na protração e retração da mandíbula inferior auxiliando na captura das presas podendo ter sido uma adaptação ao meio aquático. A retração da mandíbula pode ter auxiliado os mosassauros a empurrar a presa em direção à garganta sem depender da força de gravidade, de garras ou de um ponto sólido de alavanca (Russell, 1967).

Quanto à força e agilidade da mordida, a maioria dos gêneros possuem uma rápida mordida indicando a predação sobre vítimas ágeis. Mas o principal fator indicativo do tipo de alimentação desses animais está nas características morfológicas dos dentes. A dentição de gêneros como *Clidastes*, *Liodon*, *Plotosaurus* e *Mosasaurus* indicam alimentação baseada em peixes, isso sendo corroborado por achados de restos de peixes em conteúdos estomacais de alguns indivíduos (Russell, 1967).

A dentição dos mosassauros em geral consta de dentes cônicos, pontiagudos e com carenas na maioria das vezes serrilhadas, porém existem grupos que fogem a esse padrão possuindo uma dentição mamiliforme situada em uma mandíbula fortemente construída. A dieta desses animais, provavelmente, estava relacionada a animais que

possuíam carapaças duras. O gênero *Globidens* com seus dentes bastantes circulares indicam uma alimentação baseada em grandes amonitas que foram abundantes na época em que eles viveram. O gênero *Compressidens fraasi* possuiu dentes esféricos, porém não tão resistentes quanto o de *Globidens*, o que leva-nos a crer que seu tipo de alimentação seria baseado em animais de conchas ou carapaças de dureza menor (Russell, 1967).

Acredita-se que além de peixes e amonitas, os mosassauros poderiam alimentar-se de qualquer outro animal que surgisse no seu caminho, dado a sua voracidade constatada nas marcas e os dentes preservados na superfície de alguns ossos de outros mosassauros. Existe um caso de possível canibalismo reportado no Canadá (informação anônima, 1962 *apud* Russell, 1967) onde fragmentos de um pequeno mosassauro foi encontrado misturado ao esqueleto de adultos. Muito recentemente (Bell *et al.*, 1996), conforme já comentado, reporta associação similar, preferindo justificá-la como vinculada ao hábito reprodutivo desses répteis.

8.4. PALEOAMBIENTE DOS MOSASAURIDAE

A radiação dos mosassauros em duas distintas linhagens pelo Santoniano sugere a presença de duas subzonas dentro da zona adaptativa ocupada pelos mosassauros. É altamente provável que os clidastóides fossem formas de águas rasas pela sua proximidade evolutiva com os aigialossauros, por serem abundantes nas porções do Calcário Niobrara, sedimentos depositados em águas rasas e, pelo fato que as formas que se alimentavam de animais com carapaças duras (*Compressidens* e *Globidens*) derivaram deles e não de outros grupos de mosassauros. Plioplatecarpinae e Tylosaurinae separaram-se em um antigo ponto em sua história evolutiva e podem representar uma invasão dos mosassauros às regiões de águas mais profundas. Em *Platecarpus*, um Plioplatecarpinae generalizado, o corpo parece ter tido uma capacidade muito grande para realizar manobras rápidas e assume-se que esse animal alimentava-se de pequenos peixes. O grande tamanho e a forte dentição marginal de *Tylosaurus* indica que suas presas seriam grandes peixes e outros répteis marinhos (Russell, 1967).

Formas semelhantes a *Mosasaurus* são nadadoras de superfície; seus ouvidos são construídos como àqueles dos lagartos, com as membranas timpânicas fixadas em sulcos nos quadrados. A extracolumela é quase inteiramente cartilaginosa. Outras formas semelhantes a *Plioplatecarpus* são capazes de mergulhar a grandes profundidades; seu tímpano calcificado forma um opérculo aplicado sobre as bordas reforçadas dos quadrados. As apófises da extracolumela são ossificadas e se soldam aos tímpanos. Este último dispositivo lembra àqueles dos Cetáceos (apesar dos elementos serem diferentes) e constitui uma proteção à audição contra as fortes pressões hidrostáticas.

A adaptação de certas formas (*Plioplatecarpus*) à vida em grandes profundidades marinhas, segundo Dollo (*apud* Russell, 1967), é observada pela estrutura do ouvido médio, se manifestando também na base do crânio, onde os vasos cefálicos penetram nos canais ósseos se protegendo assim contra as pressões das águas profundas. Camp (1942) admite as idéias de Dollo, mas com algumas modificações. Ao contrário, Devillers (1943) após ter corrigido o esquema da circulação cefálica proposto por Dollo, acreditou que essas observações não representavam uma proteção suficiente para que se possa interpretar como uma adaptação ao mergulho (Piveteau, 1955).

Kauffman & Kesling (1960) classificaram os mosassauros em quatro subfamílias baseando-se em Williston (1898a, 1898b, 1925), Hay (1930) e Romer (1956), e determinam como paleoambiente para Globidentinae um ambiente rico em animais de carapaça dura, os Tylosaurinae como mergulhadores, os Mosasaurinae considerados formas de superfície e de águas rasas, e alguns Platecarpinae seriam mergulhadores e viveriam em alto mar. Os membros das Subfamílias Globidentinae e Platecarpinae na presente dissertação são considerados pertencentes às respectivas Subfamílias Mosasaurinae e Plioplatecarpinae de acordo com Russell (1967).

Lingham-Soliar (1991) sugeriu os seguintes paleoambientes: *Mosasaurus* (águas próximas à costa), *Platecarpus* (mar aberto), *Goronyosaurus*, *Angolasaurus* e *Igdamanosaurus* (águas próximos à costa e lagoas).

9. O MATERIAL BRASILEIRO

Os restos fósseis de mosassauros, no Brasil, constam basicamente de dentes isolados, com exceção de alguns poucos fragmentos de ossos (três vértebras, uma falange e um úmero). Esse material revela-nos poucas informações sistemáticas para a classificação dos mesmos. Por esse motivo, nos restringimos a fazer uma classificação a nível de tribo e subfamília, apesar de alguns dentes possuírem características suficientes que poderiam ser usadas para a determinação sistemática a nível genérico. Porém, como alguns autores não aceitam a classificação a nível genérico utilizando unicamente dentes, optou-se por não fazê-lo. Os espécimens classificados nesta dissertação a nível de gênero e espécie, foram assim designados por Price (1957).

Apesar do estado do material ser muito fragmentário, a quantidade de dentes encontrados e armazenados em coleções paleontológicas é muito expressiva, indicando uma presença abundante na costa brasileira durante o Maastrichtiano, andar final do Cretáceo. Não se pode deixar de referir a diversidade desses animais demonstrada nas quatro tribos presentes e nos vários gêneros decorrentes dessas tribos que devem ter ocorrido e compartilhado o mesmo local. Em poucos lugares do mundo vê-se tamanha riqueza de fauna relativa a mosassauros. Espera-se que em coletas posteriores exemplares mais bem preservados sejam adquiridos de forma a complementar esse estudo aqui iniciado.

9.1. COLEÇÃO DO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (numeração provisória)

◆ **Material:** UFPE 02A (Gaveta F12D)

Procedência: Pedreira do Presídio, Ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa bem conservada. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Duas carenas finamente serrilhadas. Secção transversal elíptica. Coroa curvada para trás e achatada lateralmente. Face lingual ligeiramente mais convexa que a labial. Podendo ter ocupado a lateral da maxila ou do dentário ou o pterigóide.

◆ **Material:** UFPE 03A (Gaveta F?)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Plioplatecarpini, Subfamília Plioplatecarpinae**

Descrição: Dente apresentando a coroa completa e parte da base de fixação ("raiz"). Esmalte de cor marrom-escuro, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas, porém com estrias profundas na base da coroa, tornando-se mais tênues para o ápice. Duas carenas lisas, sem serrilhas. Secção transversal quase circular com a face lingual apresentando convexidade mais acentuada do que a face labial. Coroa curvada posteriormente. Base da raiz com secção circular. Ligeiramente achatado lateralmente. Provavelmente, dente anterior do dentário ou da maxila.

◆ **Material:** UFPE 04A (Gaveta F7M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa que encontra-se fragmentada no ápice. Esmalte cor marrom-escuro, sem estrias, com a superfície facetada, com sete facetas em cada lado. Apenas uma carena é observada estando finamente serrilhada. Coroa curvada em direção posterior. Secção transversal elíptica. Pouca diferenciação entre a face labial e lingual. Ligeiramente achatado lateralmente. Dente com características similares àquelas da parte anterior do dentário, provavelmente, ocupando o dentário esquerdo ou a maxila direita.

◆ **Material: UFPE 04B** (Gaveta F7M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se muito fragmentada tanto no ápice quanto na face lingual. Esmalte bem conservado, cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa facetada, com cinco facetas na face labial. As facetas da face lingual não podem ser descritas devido ao seu estado fragmentado. Duas carenas estão presentes, porém não parecem ser serrilhadas, se houve serrilha esta foi desgastada. Coroa levemente curvada posteriormente. Secção transversal elíptica. Região lingual mais convexa que a região labial. Bastante comprimido lateralmente o que pode posicioná-lo na região lateral, ocupando possivelmente o dentário esquerdo ou a maxila direita.

◆ **Material: UFPE 05A** (Gaveta F7M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Material ainda no sedimento estando exposta a face labial. Dente incompleto apresentando, apenas a coroa muito fragmentada, principalmente no ápice. Esmalte cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa facetada, com cinco facetas na face labial. Duas carenas finamente serrilhadas. A secção transversal não pode ser determinada devido ao fóssil estar ainda no sedimento. Coroa levemente curvada para trás. Face lingual bem mais convexa em relação a face labial. Dente bastante achatado lateralmente, com posição na face lateral, ocupando possivelmente o dentário direito ou a maxila esquerda.

◆ **Material: UFPE 05B** (Gaveta F7M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Material ainda no sedimento expondo apenas a face lingual. Dente incompleto, apresentando apenas a coroa fragmentada no ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, com a superfície da coroa apresentando facetas muito discretas, tornando-se mais definidas na base da coroa; cinco facetas na face lingual. A carena anterior aparente, a posterior (se houver) encontra-se coberta pelo sedimento. Não é possível observar se há serrilhas na carena. A secção transversal não está bem determinada devido ao estado no qual se apresenta o fóssil. Coroa bastante curvada para trás. As proporções entre a face lingual e labial não puderam ser determinadas. Dente comprimido lateralmente, porém não muito. Parecendo ter ocupado o osso pterigóide.

◆ **Material: UFPE 06A** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se fragmentada no ápice. Esmalte cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando superfície da coroa facetada, porém não é possível definir a quantidade de facetas em cada região, pois o material só possui uma carena. Treze facetas no total (possivelmente cinco na face labial e oito na face lingual). Uma única carena finamente serrilhada. Secção transversal elíptica. Coroa bastante curvada para trás, com a face lingual mais convexa que a labial. Ligeiramente achatado lateralmente. Na base, observa-se a cavidade pulpar. Dente com características da parte anterior do aparelho maxilo-mandibular, possivelmente ocupando dentário esquerdo ou maxila direita.

◆ **Material: UFPE 06B** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa, um pouco fragmentada na base. Esmalte cor marrom-escuro, apresentando a superfície da coroa facetada, com seis facetas na face lingual e sete na labial. Apenas uma carena na parte posterior do dente, a outra possível carena (anterior) está mal definida. A carena mais bem definida é finamente serrilhada. Secção transversal elíptica. Coroa bastante curvada para trás, com a face labial parecendo ser mais convexa que a lingual. Ligeiramente achatado lateralmente. Uma estria na região lingual é mais sobressalente formando uma espécie de tubérculo na metade da coroa. Pode ter ocupado a parte anterior da porção média do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **Material: UFPE 06C** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se muito fragmentada no ápice e na face lingual. Esmalte cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa levemente facetada, com cinco facetas na face lingual e seis na face labial. As facetas estão melhor definidas na base da coroa. Duas carenas estão presentes, porém não parecem ter sido serrilhadas, ou estas serrilhas estão desgastadas. Secção transversal elíptica. Coroa curvada para trás, com a face lingual mais convexa que a labial. Achatado lateralmente, ocupando a posição lateral do dentário esquerdo ou da maxila direita.

◆ **Material: UFPE 06D** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa fragmentada no ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Apenas uma

carena está presente, na parte posterior da coroa, sem serrilhas. Secção transversal subcircular. Coroa curvada para trás, ligeiramente comprimido lateralmente. Faces lingual e labial com dimensões semelhantes. Ocupando, possivelmente, o dentário esquerdo ou a maxila direita.

◆ **Material: UFPE 08A** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Ápice da coroa fragmentado. Esmalte de cor marrom-claro, rugas muito pronunciadas em toda a extensão, apresentando a superfície da coroa sem facetas. Duas carenas mais visíveis no ápice da coroa sem serrilhas. Secção transversal elíptica. Na face lingual há um discreto sulco próximo à carena posterior mais forte na base da coroa. Ligeiramente curvada posteriormente. Aspecto mamiliforme, porém bastante comprimido lateralmente. Cíngulo no limite entre a coroa e a "raiz". Cavidade pulpar sem o preenchimento do sedimento.

◆ **Material: UFPE 08B** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-escuro, rugas muito pronunciadas, tornando-se mais visíveis no ápice e apresentando a superfície da coroa sem facetas. Ápice da coroa parecendo desgastado. Secção transversal elíptica. No lado mais convexo existe um tênue sulco próximo a carena posterior. Ligeiramente curvada posteriormente. Aspecto mamiliforme, porém bastante comprimido lateralmente. Cíngulo no limite entre a coroa e a "raiz". Cavidade pulpar visível.

◆ **Material: UFPE 08C** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor bege, com rugas presentes em toda a extensão e apresentado a superfície da coroa sem facetas. Coroa com regiões faltando o esmalte. Ápice fragmentado. Secção transversal elíptica. A princípio, sem sulcos. Ligeiramente curvado posteriormente. Aspecto mamiliforme, porém bastante comprimido lateralmente. Cíngulo no limite entre a coroa e a "raiz". Cavidade pulpar visível.

◆ **Material: UFPE 08D, E, F** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Três fragmentos de dentes de difícil descrição, sendo a princípio colocados na Tribo Globidensini.

◆ **Material: UFPE 09A** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a parte basal da coroa. Esmalte cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa facetada, com a face labial com dez facetas e a face lingual com oito facetas. Apresenta as duas carenas mal preservadas o que impede a verificação das serrilhas. Secção transversal elíptica. Achatado lateralmente. Não foi possível determinar seu posicionamento no aparelho maxilo-mandibular.

◆ **Material: UFPE 09B** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito fragmentada tanto no ápice como na base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Duas carenas finamente serrilhadas. Secção transversal elíptica. A coroa não está curvada para trás. Achatado lateralmente. Possivelmente ocupava a parte posterior da maxila ou do dentário ou o pterigóide.

◆ **Material: UFPE 09C** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente extremamente fragmentado, com uma base de secção quase circular. Parece ter sido facetado.

◆ **Material: UFPE 09D** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente muito fragmentado, apresentando apenas uma pequena parte da coroa. Esmalte de cor marrom-escuro, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Uma parte da cavidade pulpar ainda está preservada.

◆ **Material: UFPE 09E** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente muito fragmentado, quebrado no ápice apresentando apenas a coroa. Superfície da coroa lisa, sem facetas. Devia possuir duas carenas, mas não foi possível determinar se haviam serrilhas ou não. Secção transversal quase circular com a face lingual apresentando convexidade mais acentuada do que a face labial. Coroa curvada posteriormente. Ligeiramente comprimido lateralmente. Deve ter ocupado a posição mais anterior no aparelho maxilo-mandibular.

◆ **Material: UFPE 09F** (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente muito fragmentado apresentando somente parte da coroa. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Duas carenas sem serrilhas. Secção transversal quase circular com a face lingual apresentando convexidade mais acentuada do que a face labial. Ligeiramente curvada posteriormente. Um dos lados bem mais convexo que o outro.

◆ **Material: UFPE 09G** (Gaveta F12D)

Procedência: Ilha de Itamaracá?, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Plioplatecarpini, Subfamília Plioplatecarpinae**

Descrição: Material muito fragmentado, apresentando apenas um pedaço da coroa. Esmalte de cor marrom-escuro, com estrias fortemente marcadas ocupando apenas a metade basi-

posterior de cada lado da coroa. Superfície da coroa sem facetas. Uma única carena (anterior) sem serrilhas. Secção transversal elíptica. As duas faces possuem proporções semelhantes. Bastante comprimido lateralmente.

◆ **Material:** UFPE 09H (Gaveta F12D)

Procedência: Ilha de Itamaracá?, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa fragmentada na base e no ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Duas carenas sem serrilhas. Secção transversal quase circular com a face labial apresentando convexidade mais acentuada do que a face lingual. Achatado lateralmente. Dente mais anterior do dentário ou da maxila.

◆ **Material:** UFPE 10A (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente apresentando a coroa e parte da base de fixação ("raiz"). Esmalte de cor marrom-escuro, com rugas pronunciadas em toda a extensão, apresentando a superfície da coroa sem facetas. Ápice aparentemente desgastado. No lado menor e menos convexo há um sulco próximo a carena posterior que se estende do ápice até bem próximo da base. Secção transversal elíptica. Coroa curvada posteriormente. Coroa mamiliforme, porém bastante comprimida lateralmente. Há um cingulo no limite entre a coroa e a "raiz".

◆ **Material:** UFPE 11A (Gaveta F8M)

Procedência: Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Plioplatecarpini, Subfamília Plioplatecarpinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se fragmentada no ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, quase preto, com a coroa apresentando cinco facetas na face labial, depois iniciam-se as estrias que são muito altas ocupando toda a face lingual. Secção transversal elíptica. Existe uma única carena (a anterior) sem serrilha. Coroa ligeiramente curvada para trás e achatada lateralmente. Provavelmente, dente mais anterior do dentário ou da maxila.

◆ **Material: UFPE 15A** (Gaveta F?)

Procedência: Ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Plioplatecarpini, Subfamília Plioplatecarpinae**

Descrição: Dente apresentando parte da coroa e parte da base de fixação ("raiz"). A "raiz" está estrangulada em sua porção mediana, alargando-se na parte inferior, que é lisa e comprimida lateralmente. Esmalte de cor marrom-escuro quase preto, possuindo estrias altas e sem facetas. Uma única carena (anterior) aparentemente sem serrilhas, está presente. Secção transversal elíptica. Devido a precária condição do exemplar não foi possível definir sua posição na maxila.

◆ **Material: UFPE 16A** (Gaveta F8M)

Procedência: Ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que está muito fragmentada tanto no ápice como na base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa lisa, sem facetas. Duas carenas sem serrilhas. Secção transversal quase circular com a face lingual apresentando convexidade mais acentuada do que a face labial. Coroa não parece ter curvatura posterior. Ligeiramente achatado lateralmente. Provavelmente, dente mais anterior do dentário ou da maxila.

◆ **Material: UFPE 19A** (Gaveta F8M)

Procedência: Ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasauridae**

Descrição: Dente incompleto possuindo apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa quase lisa, com algumas facetas. Duas carenas sem serrilhas. Secção transversal elíptica. Há uma leve curvatura da coroa para o lado mais convexo. Ligeiramente comprimido lateralmente. Provavelmente, dente da porção lateral da maxila ou do dentário.

◆ **Material: UFPE 20A** (Armário de ferro, segunda gaveta)

Procedência: Pedreira de Massaranduba, Pontas de Pedra, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame (calcários cinzentos superiores).

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa fragmentada na base. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando a superfície da coroa facetada, com cinco facetas na face lingual e três na face labial. Duas carenas finamente serrilhadas. Secção transversal elíptica. Coroa ligeiramente curvada posteriormente. Face lingual mais convexa que a face labial. Comprimido lateralmente. Cavidade pulpar visível sem estar preenchida por sedimento. Possivelmente dente da região anterior dentário direita ou da maxila esquerda.

9.2. COLEÇÃO DO SETOR DE PALEOVERTEBRADOS DO MUSEU NACIONAL/UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

◆ **MN 2591-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas mas com rugas por todo o esmalte. A carena anterior está presente sem serrilhas. Secção transversal elíptica. Coroa sem curvatura posterior. As duas faces possuem proporções semelhantes. Superfície de desgaste no ápice. Constricção na base da coroa. Bastante comprimido lateralmente.

◆ **MN 2592/1-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa fragmentada no ápice e na base. Esmalte de cor cinza-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes sem serrilhas. Secção transversal quase circular. Coroa curvada posteriormente e ligeiramente para a face lingual. As duas faces possuem proporções semelhantes. Muito pouco comprimido lateralmente. Provavelmente, dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **MN 2592/2-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa fragmentada no ápice e na base. Esmalte de cor cinza-claro, sem estrias e sem facetas. A única carena presente é a anterior com serrilhas presentes sem estrias. Secção transversal quase circular. Coroa curvada posteriormente e ligeiramente para a face lingual. As duas faces possuem proporções semelhantes. Muito pouco comprimido lateralmente. Provavelmente, dente mais anterior do dentário ou da maxila.

◆ **MN 2592/3-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa muito fragmentada no ápice, na base e na face labial. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. Devido ao estado do exemplar apenas uma carenas foi reconhecida (a anterior) que encontra-se serrilhada. Secção transversal elíptica. Coroa ligeiramente curvada posteriormente em direção a face lingual. As duas faces possuem proporções semelhantes. Bastante comprimido lateralmente. Provavelmente, dente lateral do dentário esquerdo ou da maxila direita.

◆ **MN 2592/4-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa fragmentada na base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com facetas na face labial em número de oito. Somente a carena posterior está preservada, com leves indícios de serrilha. Secção transversal elíptica. Coroa fortemente curvada posteriormente e para a face lingual. As duas faces possuem proporções semelhantes. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente mais anterior do dentário esquerdo ou da maxila.

◆ **MN 2592/5-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa fragmentada na base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, sem facetas, mas com rugas que tornam-se mais pronunciadas quanto mais próximas estiverem do ápice. As duas carenas estão presentes e são serrilhadas. Secção transversal quase circular. As duas faces possuem proporções semelhantes. Muito pouco comprimido lateralmente.

◆ **MN 2592/6-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa fragmentada na base e no ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes sem serrilhas. Secção transversal elíptica. Coroa curvada posteriormente. Face lingual um pouco mais convexa que a labial. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente posterior do dentário esquerdo ou da maxila direita.

◆ **MN 2592/7-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas o ápice da coroa. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes sem estrias. Secção transversal elíptica. As duas faces possuem proporções semelhantes. O ápice contém uma superfície de desgaste decorrente da ação do dente do animal em vida. Comprimido lateralmente. Devido ao estado de conservação do fóssil não foi possível fazer maiores descrições, nem determinar suas medidas.

◆ **MN 2592/8-V**

Procedência: Forno da Cal, Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa muito fragmentada no ápice e na base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes e são serrilhadas. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente. Devido ao estado de conservação do fóssil não foi possível fazer maiores descrições, nem determinar suas medidas.

◆ **MN 4574-V (Estampa I)**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: O dente está incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície com facetas em número de cinco na face labial e sete na face lingual. Estas facetas são melhor observadas na base da coroa. Dividindo a face lingual da labial há duas carenas finamente serrilhadas e bastante desgastadas. A secção transversal é elíptica, mostrando um achatamento lateral do dente. As duas faces possuem proporções semelhantes. O ápice da coroa inclina-se suavemente para trás e para a face lingual. Possivelmente um dente lateral posterior do dentário ou da maxila esquerda.

◆ **MN 4575-V**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, composto apenas pela coroa muito fragmentada. Devido a fragmentação da coroa, não é possível observar a presença de carena posterior. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, com a superfície facetada nas duas faces, porém não é possível determinar o seu número exato. As facetas são melhor observadas na base da coroa do que em seu ápice. A carena existente na porção anterior está muito desgastada, não sendo possível a identificação das serrilhas. A secção transversal é elíptica, havendo um achatamento das porções laterais do dente. As duas faces possuem proporções semelhantes. O ápice da coroa inclina-se suavemente para a porção posterior e a face lingual. Possivelmente, um dente lateral da porção mais posterior do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **MN 4576-V**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Não foi possível determinar a secção transversal e nem medir a largura no sentido lábio-lingual, já que o exemplar apresenta-se apenas pela metade, com ausência de uma das faces. O seu estado é muito fragmentado não permitindo a observação das carenas e das estruturas do esmalte. Seu ápice está inclinado suavemente para a porção posterior. Dente composto apenas pela coroa.

◆ **MN 4577-V (Estampa I)**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Prognathodontini, Subfamília Plioplatecarpinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, apresentando algumas facetas na superfície. Apenas a carena anterior está presente e é finamente serrilhada. Sua secção transversal é subcircular, destacando-se o ápice da única carena presente que se encontra na porção anterior. As duas faces possuem proporções semelhantes. O ápice da coroa inclina-se fortemente para a porção posterior e,

aparentemente, encontra-se desgastado na face labial. Possivelmente, um dente anterior do dentário ou da maxila.

◆ **MN 4578-V** (Estampa I)

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, composto apenas pela coroa, muito bem conservada. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, com as facetas em número de sete em cada face (lingual, labial). As facetas são melhor observadas na base da coroa. As carenas devem ter sido finamente serrilhadas, porém só em alguns pontos ainda encontram-se preservadas. Sua secção transversal é elíptica, destacando-se dois ápice que caracterizam as carenas. As duas faces possuem proporções semelhantes. O ápice da coroa inclina-se suavemente para a parte posterior e para a face lingual. Provavelmente, dente lateral do dentário esquerdo ou da maxila direita.

◆ **MN 4579-V**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa, com a face lingual fragmentada. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, apresentando a superfície com facetas, distinguíveis apenas na face labial, em número de quatro. As facetas são melhor observadas na base da coroa. A única carena preservada é a posterior, porém existem indícios de que havia uma carena anterior. Secção transversal elíptica. O ápice da coroa inclina-se posteriormente e suavemente para a face lingual. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente lateral mais posterior do dentário esquerdo ou da maxila direita.

◆ **MN 4580-V**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Família MOSASAURIDAE**

Descrição: Dente em péssimo estado de conservação. Presença apenas da coroa; devido a perda do esmalte a dentina está exposta.

◆ **MN 4581-V**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente em péssimo estado de conservação, apresentando apenas uma das faces da coroa. Uma das carenas, a anterior, está conservada, mas não observa-se serrilhas. Esmalte sem estrias.

◆ **MN 4583-V**

Procedência: Fosforita, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente em péssimo estado de conservação, apresentando apenas parte da coroa, devido a este fato não foi possível determinar suas medidas. Superfície do esmalte sem estrias e sem carenas. Aspecto mamiliforme, porém comprimido lateralmente.

◆ **MN 4584-V (Estampa I)**

Procedência: Pedreira da CIPASA (Cimento da Paraíba S.A.), Caaporã, Paraíba.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente muito bem preservado, apresentando apenas a coroa. Esmalte bem conservado de cor marrom-escuro, sem estrias, apresentando na superfície facetas em número total de 12, calculando-se seis para cada face. As facetas são bem observadas na base da coroa. Presença de apenas uma carena na região posterior, bem conservada com serrilhas discretas. Secção transversal elíptica. Achatado lateralmente. As duas faces possuem proporções semelhantes. O ápice da coroa está fortemente inclinado posteriormente e para a face lingual. Desgaste no ápice da coroa. Provavelmente, um dente anterior da maxila ou do dentário.

MN 4585-V (Estampa I)

Procedência: Pedreira da CIPASA (Cimento da Paraíba S.A.), Caaporã, Paraíba.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo Superior (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Parece ter alguns indícios de facetas, mas como a coroa está fragmentada em sua base, sendo assim, esta afirmação deve ser encarada com reservas. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias. As duas carenas estão presentes, com serrilhas muito delicadas e parte das carenas fragmentadas. Secção transversal elíptica. O ápice da coroa está inclinado posteriormente, tendendo para a face lingual e encontra-se fragmentado no esmalte. Comprimido lateralmente. Possivelmente um dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **MN 4635-V**

Procedência: Fosforita, Engenho Guerere, Cruz de Rebouças, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame (nível fosfático).

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. Apresenta apenas a carena posterior que possui indícios de que já foi serrilhada. Secção transversal elíptica. O dente inclina-se, ligeiramente para a região

posterior e para a face lingual. O ápice possui uma superfície de desgaste. Face lingual mais convexa que a labial. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente da maxila esquerda ou do dentário direito.

◆ **MN 4636-V**

Procedência: Fosforita, Engenho Guerere, Cruz de Rebouças, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame (nível fosfático).

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa fragmentada no ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, mas com facetas em número de sete na face lingual. Possui apenas a carena anterior serrilhada. Secção transversal quase circular. O dente inclina-se posteriormente e ligeiramente para a face lingual. As duas faces possuem proporções semelhantes. Muito pouco comprimido lateralmente. Provavelmente, dente mais anterior do dentário ou da maxila.

◆ **MN 4637-V**

Procedência: Fosforita, Engenho Guerere, Cruz de Rebouças, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame (nível fosfático).

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto possuindo apenas a coroa que está fragmentada na base da face lingual. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes, porém a posterior não está completa, permanecendo até 0,33 cm abaixo do ápice. Secção transversal quase circular com a face lingual apresentando convexidade mais acentuada do que a face labial. Coroa muito curvada posteriormente e ligeiramente para a face lingual. Ligeiramente comprimido lateralmente. Provavelmente, dente anterior do dentário ou da maxila.

◆ MN 4638-V

Procedência: Fosforita, Engenho Guerere, Cruz de Rebouças, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame (nível fosfático).

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa encontra-se muito fragmentada tanto no ápice como na base. O pouco esmalte conservado é de cor marrom-escuro, aparentemente sem estrias e sem facetas. Devido ao estado do exemplar não foi possível realizar uma descrição mais detalhada, nem obter suas medidas.

◆ MN 4639-V

Procedência: Fosforita, Engenho Guerere, Cruz de Rebouças, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame (nível fosfático).

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto apresentando apenas a coroa com o esmalte, o ápice e a base muito fragmentados. Pode-se contatar ainda a presença de facetas nas duas faces. Comprimido lateralmente, com as duas faces em proporções semelhantes. Devido ao estado de conservação do exemplar não foi possível realizar uma descrição mais detalhada.

9.3. COLEÇÃO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

◆ DGM 239-R

Procedência: Margem direita do rio Gramame, Fazenda do Congo, Conde, Paraíba.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi*, Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro com rugas pronunciadas em sua superfície, acentuando-se ao se aproximar do ápice. Secção transversal elíptica. Ápice desgastado. O sulco vertical não ocorre neste exemplar. Muito pouco inclinado posteriormente, sem tender para a face lingual. Aspecto mamiliforme, porém comprimido lateralmente. Apresenta uma constrição na base onde seria o contato da coroa com a base de fixação.

◆ **DGM 344-R** (Estampa II)

Procedência: Pedreira da Marga da Poty, Município de Paulista, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Família MOSASAURIDAE**

Descrição: Vértebra com centro quase completo, faltando a face mais côncava (anterior). O arco neural está preservado e ocupa toda a extensão do centro. A espinha dorsal não está preservada. Na lateral direita do centro, próximo a face anterior e à região mais ventral do centro, encontra-se um pequeno processo transversal direcionando-se ventralmente. Na porção ventral do centro, uma haste do arco hemal direito está preservada. O processo transversal é muito delicado e está comprimido dorso-ventralmente. A face posterior do centro é bastante convexa. Parece que a vértebra foi comprimida pelo peso do sedimento. Vértebra caudal da porção mais anterior da cauda.

◆ **DGM 345-R** (Estampa II)

Procedência: Pedreira da Marga da Poty, Município de Paulista, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Família MOSASAURIDAE**

Descrição: Vértebra com centro completo. Na porção dorsal está preservado boa parte do arco neural que ocupa toda a extensão do centro, porém a espinha neural não está presente. Nas laterais do centro, na porção mais ventral e mais próxima da face anterior do centro, estão presentes delicados processos transversos que se direcionam ventralmente. Processo transversal comprimido dorso-ventralmente. Na região ventral do centro a haste direita e parte

da haste esquerda do arco hemal estão preservados. Centro comprimido lateralmente. Face anterior côncava, face posterior convexa. Vértebra caudal da porção mais anterior da cauda.

◆ **DGM 346-R**

Procedência: Pedreira da Marga da Poty, Município de Paulista, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Família MOSASAURIDAE**

Descrição: O material consta apenas do centro vertebral e encontra-se muito danificado impedindo descrições de alguma relevância.

◆ **DGM 347-R**

Procedência: Pedreira do Pinho, Próximo a São José, Município de Paulista, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se fragmentada parcialmente na base. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e sem facetas. Apresenta apenas uma das carenas (a posterior) sem serrilhas. Secção transversal elíptica, quase circular. As duas faces possuem proporções semelhantes. Muito inclinado posteriormente tendendo para a face lingual e pouco comprimido lateralmente. Dente com o ápice sem superfície de desgaste. A cavidade pulpar está preenchida por sedimento. Provavelmente, dente anterior do dentário direito ou maxila esquerda. Levando em conta o seu tamanho, também poderia ter pertencido ao pterigóide.

◆ **DGM 452-R**

Procedência: Calcário cinzento da pedreira da Companhia de Cimento Portland Onoda César S.A., Massaranduba, Município de Goiânia (próximo a Pontas de Pedra), Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus leiodon cf. anceps* (Owen, 1851), **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e sem facetas. Possui as duas carenas, porém, somente a anterior está bem preservada, a posterior está parcialmente perdida. Carenas com serrilhas muito finas. Secção transversal elíptica. O ápice da coroa está desgastado. A face lingual é mais convexa que a labial. Inclina-se posteriormente e para a face lingual. Achatado lateralmente. Provavelmente é um dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **DGM 453-R**

Procedência: Calcário cinzento da pedreira da Companhia de Cimento Portland Onoda César S.A., Massaranduba, Município de Goiânia (próximo a Pontas de Pedra), Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente com coroa incompleta, faltando o ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias, com quatro facetas na face labial e nove na face lingual. Presença de uma carena com serrilhas na porção anterior. Secção transversal elíptica. Inclina-se posteriormente e para a face lingual. Face lingual mais convexa que a labial. Pouco achatado lateralmente. Dente da porção lateral mais anterior da maxila ou do dentário.

◆ **DGM 454-R (Estampa I)**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus leiodon cf. anceps* (Owen, 1851), **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Coroa incompleta apresentando apenas a face lingual. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e sem facetas. Uma parte da carena posterior está conservada precariamente, aparentando não ter sido serrilhada. Aparentemente possuía duas carenas. Secção transversal elíptica. Superfície de desgaste no ápice da coroa. As duas faces possuem

proporções semelhantes. Comprimido lateralmente e ligeiramente inclinado posteriormente. Provavelmente um dente lateral.

◆ **DGM 455-R**

Procedência: Camadas de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, mas com facetas muito delicadas que não permitem definir o número exato. As duas carenas estão presentes, porém encontram-se muito danificadas, portanto não foi possível determinar a existência de serrilhas. Secção transversal elíptica a quase circular. Ápice muito desgastado. Ligeiramente inclinado posteriormente, sem tender para uma das faces. Comprimido lateralmente. As faces têm proporções semelhantes. A cavidade pulpar é observável. Provavelmente, dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **DGM 456-R (Estampa I)**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com facetas. Face lingual com oito facetas e face labial com seis facetas. As duas carenas estão presentes e são serrilhadas. Secção transversal elíptica. O ápice da coroa está desgastado. Ligeiramente inclinado posteriormente, tendendo muito pouco para a face lingual. Dente comprimido lateralmente, com a face lingual ligeiramente mais convexa que a labial. Cavidade pulpar observável. Provavelmente, dente lateral da porção mais anterior dentário direito ou maxila esquerda.

◆ **DGM 457-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa faltando parte da base e a lateral do ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e com facetas. Face lingual com cinco facetas e face labial com nove facetas. As duas carenas estão presentes, a posterior sendo serrilhada. Secção transversal elíptica. Inclinado ligeiramente para a região posterior e para a face lingual. Comprimido lateralmente, com as faces com proporções semelhantes. Cavidade pulpar observável. Pode ter sido um dente do pterigóide ou um dente lateral do dentário direito ou maxila esquerda.

◆ **DGM 458-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa faltando parte da base e a lateral do ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e com traços delicados de facetas, não sendo possível determinar o seu número exato. As duas carenas estão presentes com serrilhas. Secção transversal elíptica. O ápice encontra-se desgastado. Há uma leve constrição na base da coroa. Inclinado posteriormente e para a face lingual. Comprimido lateralmente com as faces em dimensões semelhantes. É possível observar a cavidade pulpar. Dente lateral mais anterior do dentário esquerdo ou maxila direita.

◆ **DGM 459-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito fragmentada, faltando boa parte da base e uma das laterais do esmalte. Dente com parte do esmalte preservado, de cor marrom-escuro, apresentando rugas pronunciadas por toda a superfície. Quanto mais próximo ao ápice, mais as rugas tornam-se acentuadas. Não apresenta carenas. Secção transversal quase circular com pouca compressão lateral. O ápice está desgastado. Sem curvatura para a região posterior. Em uma das laterais do dente há um sulco vertical, que se encontra mais aprofundado na base da coroa do que no ápice.

◆ **DGM 460-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens sp.*, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito fragmentada, faltando boa parte da base. O esmalte que restou está bem preservado, apresenta cor marrom-escuro, com rugas muito pronunciadas em toda a superfície. Não apresenta carenas. Secção transversal quase circular, com pouca compressão lateral. O ápice da coroa está desgastado. Sem curvatura para a região posterior. O sulco que se observa nesse dente não está bem representado.

◆ **DGM 461-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, com rugas pronunciadas em uma das faces (labial?) e na outra face o esmalte apresenta-se liso (lingual?). Nesta última face há um sulco vertical muito discreto, que não chega à base e nem ao ápice, está localizado próximo ao que seria a carena anterior. Quanto mais próximo ao ápice mais pronunciadas tornam-se as rugas. Secção transversal elíptica. Ápice desgastado. Base da coroa com uma constrição. Não existe carena. Muito comprimido lateralmente. Cavidade pulpar visível. Ligeiramente curvado posteriormente.

◆ **DGM 462-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, com rugas na face lingual, que são mais acentuadas no ápice. Uma das carenas está preservada, indicando a presença de serrilhas próximo ao ápice. A carena anterior foi danificada. Secção transversal elíptica. Inclinado posteriormente e muito comprimido lateralmente. Na face lingual há um sulco vertical próximo à carena posterior. A base possui uma constrição onde seria o contato da coroa com a base de fixação.

◆ **DGM 463-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Coroa incompleta, faltando a base e o ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e com facetas. Face lingual com seis facetas e face labial com sete facetas. Duas carenas serrilhadas, sendo a anterior mais bem conservada. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente. Face labial mais convexa que a face lingual. Ligeiramente inclinado posteriormente. Cavidade pulpar aparente. Provavelmente um dente lateral do dentário direito ou maxila esquerda.

◆ **DGM 464-R**

Procedência: Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa faltando o ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e com facetas. Face lingual com seis facetas e face labial com seis facetas. Duas carenas sem serrilhas. A carena anterior, na base, desvia-se para a face lingual. Secção transversal elíptica. Coroa inclinada posteriormente e para face lingual. Face labial mais convexa que a face lingual. Achatado lateralmente. Provavelmente é um dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **DGM 465-R**

Procedência: Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa sem o ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com facetas. Face lingual com oito facetas e face labial com oito facetas. Carena posterior bem conservada, com serrilhas. A carena anterior não está presente, em seu lugar há uma das linhas das facetas mais proeminente. Secção transversal elíptica. Inclinado posteriormente e para face lingual. Face lingual mais convexa que a face labial. Achatado lateralmente. Pode ser um dente do dentário esquerdo ou maxila direita, ou ainda, um dente do pterigóide.

◆ **DGM 466-R**

Procedência: Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa sem o ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e com facetas. Face lingual com oito facetas e face labial com cinco facetas. Carena anterior com metade da superfície preservada, mas mesmo essa porção está muito desgastada, mostrando apenas traços de serrilhas. A carena posterior parece não existir, havendo em seu lugar uma faceta mais proeminente. Secção transversal elíptica. Inclinado posteriormente tendendo para face lingual. Face lingual ligeiramente mais convexa que a face labial. Achatado lateralmente. Cavidade pulpar visível. Provavelmente um dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **DGM 467-R (Estampa I)**

Procedência: Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando o ápice da coroa fragmentado. Esmalte de cor marrom-claro, destruído nos locais das carenas. Possui facetas nas duas faces. Face lingual com sete facetas e face labial com cinco facetas. As duas carenas parecem ter estado presentes, porém no momento encontram-se fragmentadas. Secção transversal elíptica. Ligeiramente inclinado posteriormente e para face lingual. Achatado lateralmente, apresentando a face lingual mais convexa que a face labial. Provavelmente, um dente do pterigóide.

◆ **DGM 468-R** (Estampa I)

Procedência: Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa com o ápice desgastado pelo uso. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e com facetas. Face lingual com dez facetas e face labial com oito facetas. As facetas estão melhor definidas no ápice da coroa. As duas carenas estão presentes, com serrilhas. Secção transversal elíptica. Inclinado posteriormente tendendo para a face lingual. Face lingual mais convexa que a labial. Achatado lateralmente. Cavidade pulpar visível. Provavelmente, dente lateral da porção mais anterior do dentário esquerdo ou maxila direita.

◆ **DGM 469-R**

Procedência: Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa com o ápice e a carena posterior fragmentada. Parte do esmalte se preservou apresentando cor marrom-claro, sem estrias e com facetas. Face lingual com cinco facetas e face labial com seis facetas. As facetas atingem o ápice. Presença das duas carenas, sendo que a posterior só está preservada na base da coroa. Existem traços de serrilhas, mas são muito delicados. Secção transversal elíptica. Ligeiramente inclinado posteriormente e para a face lingual. Face lingual mais convexa que a labial. Achatado lateralmente. Cavidade pulpar visível. Provavelmente, dente lateral do dentário direito ou maxila esquerda.

◆ **DGM 470-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus leiodon cf. anceps* (Owen, 1851), **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa com ausência de parte da base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com facetas muito discretas, num total de 15 facetas. Devido a ausência da carena posterior não foi possível determinar o número exato em cada face. Carena anterior muito bem preservada, sem serrilhas. Secção transversal quase circular. Muito pouco comprimido lateralmente e com uma inclinação posterior sem tender para nenhuma das faces. As faces possuem dimensões semelhantes. O ápice da coroa está desgastado. Provavelmente, dente anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **DGM 471-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada com ausência da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com facetas muito discretas. Não foi possível definir o número exato de facetas em cada face. As duas carenas estão presentes com traços de serrilhas. Secção transversal quase circular. Ligeiramente inclinado posteriormente e para a face lingual. Face labial mais convexa que a face lingual. Ligeiramente comprimido lateralmente. Cavidade pulpar preservada. Provavelmente, dente lateral da porção mais posterior do dentário esquerdo ou da maxila direita.

◆ **DGM 472-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada com ausência de parte da base e parte do ápice. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias e sem facetas. Presença das duas carenas, sendo que a posterior encontra-se deslocada para a linha média da face labial. A carena posterior está muito fragmentada não permitindo a observação das serrilhas, porém a anterior possui serrilhas. Secção transversal quase circular. Muito pouco inclinado posteriormente e muito pouco comprimido lateralmente. Face lingual muito mais convexa que a labial. Na face lingual observa-se dois pontos de esmalte mais concentrados e mais escuros. Provavelmente, dente lateral da porção anterior do dentário esquerdo ou maxila direita.

◆ **DGM 473-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas na face lingual. Na face labial há indícios de facetas. As duas carenas estão presentes com serrilhas. Secção transversal elíptica. Ligeiramente inclinado posteriormente sem tender para a face lingual. Face lingual muito mais convexa que a labial. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente lateral da porção mais posterior ou mais anterior do dentário esquerdo ou maxila direita.

◆ **DGM 474-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando parte do ápice e da base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. Uma única carena está presente (a anterior) com serrilhas. Secção transversal elíptica. Inclinado posteriormente sem tender para a face lingual. Comprimido lateralmente, com as duas faces em proporções semelhantes. Provavelmente, dente da porção anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **DGM 475-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com indícios de facetas na face labial. Apenas uma carena está presente (a posterior) indicando que pode ter sido serrilhada. Secção transversal quase circular. Inclinado posteriormente. Muito pouco comprimido

lateralmente, com a face lingual um pouco mais convexa que a labial. Provavelmente, dente da porção anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **DGM 476-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. Apenas uma carena está presente (a anterior), não sendo possível determinar se haviam serrilhas. Secção transversal quase circular. Dente muito inclinado posteriormente, tendendo para a face labial. Muito pouco comprimido lateralmente. As duas faces possuem proporções semelhantes. Provavelmente, dente da porção anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **DGM 477-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. Apenas uma carena está presente (a anterior), com serrilhas. Secção transversal quase circular. Dente muito pouco comprimido lateralmente. Inclinado posteriormente, tendendo para a face lingual que é mais convexa. Provavelmente, dente da porção anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ DGM 478-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com rugas mais pronunciadas na face mais convexa originando as facetas. As duas carenas estão presentes e foram serrilhadas, atualmente encontra-se indícios dessas serrilhas. Não foi possível contar as facetas. Secção transversal elíptica. Dente muito pouco inclinado posteriormente, mas comprimido lateralmente. Uma das faces (possivelmente a labial) é mais convexa que a outra. Provavelmente, dente lateral da porção mais posterior do dentário ou da maxila.

◆ DGM 479-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes, muito bem conservadas, ambas com serrilhas. Secção transversal elíptica. Dente aparentemente sem inclinação posterior. Bastante comprimido lateralmente. Uma das faces é ligeiramente mais convexa que a outra. Provavelmente dente lateral do dentário ou da maxila.

◆ DGM 480-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus leiodon cf. anceps* (Owen, 1851), **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando a coroa muito fragmentada faltando boa parte da base e do ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes, existem indícios de que as carenas foram serrilhadas. Secção transversal elíptica. O ápice está desgastado. Fortemente inclinado posteriormente e para a face lingual. Próximo à carena posterior, na face lingual, há um sulco que vai desde o ápice até próximo a base. Quanto mais próximo do ápice mais profundo é o sulco. A face lingual é mais convexa que a labial. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente lateral mais anterior do dentário ou da maxila.

◆ DGM 481-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas pequena parte da coroa. O esmalte restringe-se à base, estando coberto por rugas pronunciadas em toda a sua extensão. Esmalte de cor marrom-claro. Secção transversal quase circular. Muito pouco comprimido lateralmente. Constricção na base da coroa. Cavidade pulpar pode ser observada.

◆ DGM 482-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens sp.*, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Coroa muito fragmentada, impossibilitando a determinação de suas medidas. Esmalte de cor marrom-escuro, com rugas muito pronunciadas. Aparentemente, a secção transversal foi circular.

◆ **DGM 483-R**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se fragmentada no ápice. O esmalte restringe-se à base, apresentando rugas pronunciadas em toda a sua extensão. Secção transversal quase circular. Muito pouco comprimido lateralmente. Em uma das faces há o início de um sulco vertical. Base da coroa com uma constrição. Cavidade pulpar visível. Presença de linhas circulares consecutivas no esmalte, dando a impressão de serem linhas de crescimento.

◆ **DGM 484-R (Estampa I)**

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens sp.*, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que encontra-se em ótimo estado de preservação. Esmalte de cor marrom-escuro, coberto por rugas muito pronunciadas que se acentuam em direção ao ápice. Secção transversal circular. Não está inclinado posteriormente e nem comprimido lateralmente. Presença de um sulco vertical muito bem delimitado e mais dois sulcos um pouco mais discretos. Ápice desgastado. Linhas circulares consecutivas observadas próximas ao ápice (parecem linhas de crescimento), não sendo visíveis na base. Cavidade pulpar observável. Constrição presente na base da coroa.

◆ DGM 485-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito fragmentada, presente o ápice e parte de uma das faces. Por estar muito fragmentado foi impossível determinar suas medidas. O esmalte apresenta rugas pronunciadas. Ápice desgastado. É possível que tenha sido comprimido lateralmente, mas com pouca inclinação posterior. Existe uma superfície mais saliente no local onde seria a carena, mas não há indícios de carenas.

◆ DGM 486-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito fragmentada, faltando parte do ápice e uma das faces. Esmalte de cor marrom-claro, coberto por rugas em toda a superfície, acentuando-se mais para o ápice. Sem carenas. Secção transversal circular. Inclina-se fortemente para a região posterior. Não é comprimido lateralmente. Não apresenta sulco vertical e nem constrição na base da coroa. Não existem linhas circulares consecutivas.

◆ DGM 487-R

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito fragmentada, faltando o ápice e parte da lateral da base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e com facetas. Como só possui uma carena, não é possível definir o número exato em cada face, somente o número total, que está em torno de 15. A única carena existente (a anterior) está muito bem preservada possuindo serrilhas. Secção transversal circular. Bastante inclinado posteriormente. Praticamente, sem compressão lateral. Observa-se a cavidade pulpar. Provavelmente, dente da porção anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **DGM 488-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que perdeu parte da base. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes, sendo que, a anterior, parece desgastada não possibilitando o seu estudo mais detalhado. A carena posterior possui indício de que foi serrilhada. Secção transversal elíptica. Ápice desgastado. Comprimido lateralmente e ligeiramente inclinado posteriormente com uma leve inclinação para a face lingual. A face lingual é menos convexa que a labial. Provavelmente, dente lateral mais posterior do dentário esquerdo ou maxila direita.

◆ **DGM 489-R** (Estampa I)

Procedência: Camada de Fosforita, Forno da Cal, Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa que perdeu o ápice. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias, com facetas e sem manchas. Uma das faces possui sete facetas e a outra dez. A face com sete facetas é menos convexa que a face que possui 10 facetas. As facetas são mais acentuadas na base. Apresenta duas carenas serrilhadas. Ligeiramente inclinado posteriormente sem tender para uma das faces. Bastante comprimido lateralmente. Provavelmente um dente lateral da maxila ou do dentário.

9.4. MATERIAL COM NUMERAÇÃO PROVISÓRIA DO DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

◆ Material: DGM 1/1

Procedência: Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito danificada, faltando a base, o ápice e a região da carena anterior. Esmalte de cor marrom-escuro, sem estrias, sem facetas, mas com rugas um pouco menos pronunciadas do que a de *Globidens*. Foi possível observar apenas uma carena (posterior) serrilhada, a outra foi perdida. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente, inclinado ligeiramente para a região posterior, tendendo fortemente para a face lingual. Possui dois sulcos verticais de cada lado da carena posterior. Provavelmente, dente anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ Material: DGM 1/2

Procedência: Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa. Esmalte de cor marrom-claro, sem estrias e sem facetas. Superfície do esmalte com algumas manchas. Duas carenas estão

presentes, porém sua conservação é precária, mas apresentam serrilhas. Secção transversal quase circular. Inclinado posteriormente e ligeiramente para a face lingual. Pouco comprimido lateralmente. A face labial é ligeiramente mais convexa que a lingual. Ápice com superfície de desgaste. Apresenta constrição na base da coroa. Provavelmente, dente lateral da porção mais anterior do dentário direita ou maxila esquerda.

◆ **Material: DGM 1/3**

Procedência: Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa onde faltam o ápice e a região da carena anterior. Esmalte cor marrom-claro, com algumas manchas em sua superfície, sem estrias e sem facetas. Apenas a carena posterior está preservada, apresentando serrilhas. Secção transversal circular. Ligeiramente inclinado posteriormente e tendendo para a face lingual. face labial e lingual com dimensões semelhantes. Não é comprimido lateralmente. Provavelmente, dente da porção anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **Material: DGM 1/4**

Procedência: Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa onde falta boa parte do ápice. Esmalte de cor cinza-claro, sem estrias, mas com facetas muito pronunciadas. Face lingual: dez facetas; Face labial: oito facetas. As duas carenas estão presentes. A carena anterior é serrilhada. A carena posterior possui indícios de que foi serrilhada. Secção transversal elíptica. Ligeiramente inclinado posteriormente e levemente inclinado para a face lingual. Comprimido lateralmente. Provavelmente, dente lateral do dentário direito ou da maxila esquerda.

◆ **Material: DGM 1/5**

Procedência: Fosforita Olinda S.A., Município de Olinda, Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: *Globidens sp.*, **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, apresentando apenas a coroa muito danificada com pouca superfície de esmalte preservado. Esmalte de cor bege, com rugas muito pronunciadas. Não há carenas. Secção transversal quase circular. Não há indícios de inclinação posterior nem de sulcos verticais. Ligeira compressão lateral. Existe uma constrição na base da coroa. Cavidade pulpar visível.

◆ **Material: DGM 2/1 (Estampa III)**

Procedência: Pedreira da Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Família MOSASAURIDAE**

Descrição: O exemplar, em bom estado de conservação, consta da parte proximal da epífise de um provável úmero.

◆ **Material: DGM 2/2**

Procedência: Pedreira da Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, faltando o ápice e parte da base da coroa. Esmalte cor bege, bem conservado, sem estrias, com facetas muito delicadas, sendo melhor distinguíveis na face labial. As carenas não estão preservadas, mas parecem ter estado presentes. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente e ligeiramente inclinado posteriormente e para a face lingual. Face lingual e labial de proporções semelhantes. Provavelmente dente lateral

do dentário esquerdo ou maxila direita. O sedimento encontrado junto ao dente confirma a procedência do fosfato.

◆ **Material: DGM 2/3**

Procedência: Pedreira da Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente muito bem conservado apresentando a coroa sem a base de fixação. Esmalte bem conservado de cor marrom, sem estrias e com facetas muito delicadas em ambas as faces sendo mais distinguíveis próximas à base. Face labial com seis facetas e face lingual com cinco facetas. As duas carenas estão presentes com serrilhas. Secção transversal elíptica. O ápice encontra-se desgastado. Inclinado posteriormente e ligeiramente para a face lingual. A cavidade pulpar não está visível, pois está coberta por sedimento. As faces lingual e labial possuem proporções semelhantes. Ligeiramente comprimido lateralmente. Provavelmente dente mais anterior do dentário ou maxila esquerda.

◆ **Material: DGM 2/4**

Procedência: Pedreira da Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae.**

Descrição: Dente incompleto, faltando a base de fixação (“raiz”). Esmalte bem conservado de cor bege acinzentado, sem estrias e sem facetas. As duas carenas estão presentes apenas na base da coroa. As rugas existentes no esmalte são muito delicadas. Ápice com marca de desgaste. Constricção no contato da base com a ‘raiz’. Secção transversal bastante elíptica. Bastante comprimido lateralmente e ligeiramente inclinado posteriormente.

◆ **Material: DGM 3/1 (Estampa III)**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Família MOSASAURIDAE**

Descrição: O material é uma falange quase completa e bastante comprimida dorso-ventralmente, diminuindo gradualmente em espessura distalmente, como ocorre em *Clidastes*. Estreitada na sua linha média da largura. A cor do sedimento que a envolve é semelhante ao do fosfato. Há um estreitamento na linha média do comprimento.

◆ **Material: DGM 3/2**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto, faltando parte do ápice e da base da coroa. O esmalte encontra-se bem conservado sob uma camada de sedimento de cor cinza-esverdeado. Não possui facetas e nem estrias. As duas carenas estiveram presentes, porém somente a posterior se preservou e possui serrilhas. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente. Ligeiramente inclinado posteriormente e para a face lingual. As faces lingual e labial possuem proporções semelhantes. Provavelmente dente lateral mais posterior do dentário direito ou maxila esquerda.

◆ **Material: DGM 3/3**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: O dente está incompleto, faltando parte do ápice, a base e boa parte do esmalte. O esmalte é de cor marrom-claro, sem estrias e aparentemente não possuía facetas. As duas carenas provavelmente estiveram presentes, porém só uma pequena parte da carena anterior está preservada sem serrilhas. Secção transversal quase circular. Muito pouco comprimido lateralmente. Ligeiramente inclinado posteriormente e para a face lingual. Face lingual mais

convexa que a face labial. Provavelmente, dente lateral mais posterior do dentário direito ou maxila esquerda.

◆ **Material: DGM 3/4**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto faltando parte do ápice e da base de fixação. Esmalte bem conservado de cor cinza muito escuro, sem estrias e sem facetas. Apenas a carena anterior está presente com serrilhas. A dentina é de cor bege, porém o esmalte é escuro o que indica que o mesmo pode ter sido substituído por um mineral escuro. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente. Ligeiramente inclinado posteriormente e para a face lingual. Esta face é mais convexa que a face labial. Provavelmente, dente anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **Material: DGM 3/5**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto faltando o ápice e todo o esmalte. A superfície da coroa é lisa. Aparentemente, duas carenas estiveram presentes, porém é impossível definir se haviam serrilha. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente. Inclinado posteriormente e ligeiramente para a face lingual. Cavidade pulpar visível. As duas faces possuem proporções semelhantes. Provavelmente, dente do pterigóide.

◆ **Material: DGM 3/6**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto faltando parte do ápice. Esmalte bem conservado de cor bege, sem estrias e com facetas em número maior na face lingual. Apenas uma carena está presente com serrilhas desgastadas. Secção transversal oval. Ligeiramente comprimido lateralmente. Inclinado posteriormente e ligeiramente para a face lingual. Face lingual mais convexa que a labial. Cavidade pulpar visível. Provavelmente, dente anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **Material: DGM 3/7**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto faltando apenas a base de fixação. Esmalte bem conservado, cor marrom-claro, sem estrias, mas com facetas. Face labial com quatro facetas e face lingual com sete facetas. As duas carenas estão presentes, mas a carena verdadeira é a anterior, a posterior é uma protuberância da dentina. A carena anterior é serrilhada. Secção transversal elíptica. Comprimido lateralmente. Inclinado posteriormente e fortemente para a face lingual. A face lingual é mais convexa que a labial. O ápice possui marca de desgaste. Provavelmente, dente mais anterior do dentário ou da pré-maxila.

◆ **Material: DGM 3/8**

Procedência: Mina de Fosforita S.A., Pernambuco.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Gramame.

Idade: Cretáceo (Maastrichtiano)

Sistemática: **Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae**

Descrição: Dente incompleto faltando a base de fixação. Esmalte bem conservado de cor marrom-claro, sem estrias e com seis facetas em cada face. Presença apenas da carena posterior, sem serrilhas. Secção transversal elíptica. O ápice está desgastado. Bastante comprimido lateralmente. Inclinado posteriormente e ligeiramente para a face lingual. As

duas faces possuem proporções semelhantes. Provavelmente, dente do pterigóide ou lateral do dentário direito ou maxila esquerda.

Além da descrição morfológica dos exemplares, apresentada anteriormente, foram tomadas uma série de medidas nos materiais analisados. Estas medições visam oferecer dados adicionais sobre os fósseis em estudo e constam das tabelas anexadas ao presente texto (Tabelas I, II, III, IV e V).

10. FAUNA ASSOCIADA NO GRUPO PARAÍBA (figura 34)

A primeira coleta sistemática no estado de Pernambuco deve-se a Derby e Wilmot, que trazidos por Hartt na Expedição Morgan (Universidade de Cornell, 1870) foram designados para observar em Pernambuco as camadas com fósseis, de Maria Farinha e Ponta de Nova Cruz, ao norte de Recife e ao sul da Ilha de Itamaracá. Derby, geólogo, e Wilmot, naturalista, coletaram milhares de espécimens, alguns dos quais foram descritos por Rathbun (1875), outro membro da expedição que lhes atribuiu idade cretácea. White (1887) descreveu fósseis da hoje denominada Formação Maria Farinha, muitos dos quais já haviam sido discutidos por Rathbun.

Seguiram-se trabalhos de menor abrangência de Arnold (1902), Branner (1902) e outros. Em 1928, Moraes fez interessantes observações paleontológicas em seus "Estudos Geológicos no Estado de Pernambuco.

Com a descoberta do fosfato por Duarte (1949), a bacia fossilífera ao norte de Recife, passou a ser melhor estudada por Oliveira & Andrade Ramos (1951, 1956).

Segundo Muniz e Lima (1985), na Formação Gramame a porção basal está bem representada no Engenho Amparo, na Ilha de Itamaracá, por calcarenitos bastante fossilíferos. A fauna apresenta muita analogia com a descrita por Maury em 1930, da Paraíba. O pacote superior que corresponde ao Calcário Gramame, ocorre também em várias localidades pernambucanas e se caracteriza por uma macrofauna onde dominam grandes cefalópodes e dentes de peixes e de seláquios. No pacote próximo ao limite Cretáceo-Terciário encontram-se (figura 34B) equinóides (*Hemiaster*) e tubos de vermes (*Hamulus*).

Há rápida mudança do conteúdo fossilífero da Formação Gramame para a Formação Maria Farinha. Os amonóides desaparecem, dando lugar aos nautilóides. A associação dos foraminíferos *Globotruncana*, *Rugoglobigerina*, *Plummerita* e *Pseudotextularia* desaparece e dá lugar à associação *Globigerina pseudobulloides*, *G. varianta*, *G. triculinoides* e *Chilloguenbelina*. Ocorrem também, nesta formação, gastrópodes e bivalves. A frequência de foraminíferos planctônicos cai para valores de 1 a 5%, podendo eventualmente, atingir 12%. Entre os foraminíferos bentônicos destacam-se os NODOSARIIDAE e *Valvulineria*. As camadas mais superiores da formação caracterizam-se

por numerosos fragmentos de *Lenticulina* associados a formas de ostracodes, com projeções espiniformes bem preservadas, do gênero *Monoceratina*. Há ocorrência significativa de ostracodes, incluindo-se os gêneros *Cytherella*, *Costa*, *Chyteretta*, *Pontocythere*, *Paracypris* e *Cytheropteron*. Entre os microfósseis também ocorrem escleritos de holotúrias, placas de equinóides, peças ambulacrais de asteróides e ossículos de ofiuróides. Dentes de peixes e coprólitos são raros.

A Formação Maria Farinha apresenta fauna e litologia que se contrapõe a do topo da formação sotoposta. Nela domina a fácies litorânea. Muda também a idade com o desaparecimento dos amonóides. A fauna foi anteriormente descrita por Rathbun e White, estando a merecer uma revisão e ampliação. As semelhanças faunísticas com o Paleoceno do Texas e de Trinidad são muito acentuadas.

As condições de mar aberto existentes no Campaniano-Maastrichtiano, propiciaram o desenvolvimento de uma fauna planctônica cada vez mais rica, pelo aparecimento de novos gêneros e maior diversidade específica. As formas planctônicas podem apresentar freqüências maiores do que 90% da população total de foraminíferos. No Cenozóico, as assembléias são cada vez mais ricas quântico-qualitativamente (Tinoco, 1985).

Entre os vertebrados contemporâneos aos mosassauros constatamos a presença de vários osteícties e condrícties citados em Silva *et al.* (1995) como: *Apocopodon*, *Squalicorax*, *Odontaspis*, *Rhombodus* (figura 34A), *Enchodus*, *Cretolamna* (figura 34B).

Nos cálcarios da Formação Maria Farinha, unidade litológica imediatamente sobreposta à Formação Gramame (unidade que contém os fósseis de mosassauros), são detectados resquícios de crocodilianos da família DYROSAURIDAE, grupo taxonômico de grande importância para o entendimento de ocupação do nicho carnívoro/predador ao longo da passagem Cretáceo-Terciário, como citado em capítulo anterior.

11. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Entre 100 e 65 milhões de anos atrás, na fase final da Idade dos Répteis, um grupo de gigantes lagartos marinhos viveu em grande abundância em águas marinhas por todo o mundo. Alguns adultos desses animais podem ter atingido mais de dez metros de comprimento. A forma de seus crânios era cônica e seu corpo delgado, atingia um diâmetro máximo na região torácica. A cauda, comprimida lateralmente, foi um órgão propulsivo bastante eficiente. A porção dorsal de seus corpos, provavelmente, foi escura e seu ventre claro, em adaptação ao hábito de livre natantes.

Apesar de se limitarem ao Cretáceo Superior os mosassauros foram um grupo de grande representatividade (cerca de 20 gêneros) e de importante atuação no ecossistema em que viviam, pois ocupavam na cadeia alimentar o ponto mais alto, constituindo-se nos maiores predadores marinhos da época. Eles foram considerados grandes predadores não só pelo seu tamanho, mas também por sua voracidade comprovada em trabalhos de Bell & Martin (1995) que citam, por exemplo, marcas de mordidas e dentes cravados em ossos de outros mosassauros, provavelmente, devido a competição interespecífica. Os mosassauros vagaram pela superfície das águas confiando no seu aguçado senso de visão e audição para localizar sua presa. Peixes de tamanho médio formavam o elemento preponderante na dieta de muitos desses animais, mas várias espécies foram especialmente adaptadas para alimentar-se de equinodermas bentônicos e bivalves, pequenos cefalópodos semelhantes a lulas, cefalópodos com carapaça ou grandes vertebrados aquáticos, tais como tartarugas e grandes peixes. Uma articulação adicional na porção médio-posterior do aparelho maxilo-mandibular os capacitava a desmembrar e engolir a presa de maneira bastante eficiente no meio aquático. Pesquisas recentes indicam que seu hábito reprodutivo poderia ser semelhante ao dos ictiossauros (um outro grupo de répteis marinhos) não precisando retornar ao ambiente terrestre para a postura de ovos, em virtude de um possível grau de viviparidade (Bell *et al.*, 1996).

Atualmente são considerados como pertencentes apenas ao Cretáceo Superior (surgindo no Cenomaniano superior e desaparecendo no Maastrichtiano).

Na Bacia Pernambuco-Paraíba, existe uma referência que torna seu posicionamento cronoestratigráfico confuso: “dentes coletados na década de 50 (Price, 1957) na pedreira do Pinho”. Segundo informações do gerente industrial da Companhia Portland Poty, Sr. Delmiro P. de Lira Filho, esta pedreira teria sido o início da Pedreira Poty na década de 50 e o calcário aflorante à época pertenceria à Formação Maria Farinha (Paleoceno). Em contrapartida, a equipe do Museu Nacional, nas suas duas viagens de campo a região encontrou material mosassauriano pertencente apenas a Formação Gramame (Maastrichtiano). Por este motivo e por escassas e imprecisas informações sobre os materiais encontrados anteriormente, estamos considerando os mosassauros brasileiros pertencentes apenas ao Cretáceo superior.

A preservação preferencial de dentes e ossos fragmentados é justificada pelas condições do ambiente de deposição da Formação Gramame (ambiente de plataforma continental) que, por apresentar mobilidade relativamente elevada, ocasionava o retrabalhamento dos materiais em processo de fossilização e a conseqüente fragmentação das peças ósseas, levando à preservação preferencial das partes mais resistentes a esta ação tafonômica, no caso, os dentes.

A diversidade encontrada na Bacia Pernambuco-Paraíba é muito grande, podendo-se distinguir dois grupos: um grupo muito abundante (Mosasaurini e Globidensini) que vivia próximo à costa alimentando-se de peixes e animais com carapaças resistentes e um outro grupo menos abundante (Prognathodontini e Plioplatecarpinae), característico de ambientes mais profundos, fazia incursões periódicas às porções mais distais do ambiente de deposição da Bacia Pernambuco-Paraíba, provavelmente a procura de alimentação mais farta.

Os mosassauros descenderam de pequenos lagartos semi-aquáticos. Dois estoques ancestrais radiaram-se em uma profusão de diferentes linhagens em um curto espaço de tempo. Em geral, os membros dessas linhagem desenvolveram adaptações ao meio aquático e cresceram de tamanho durante a breve duração do tempo geológico desse grupo. A diversidade inicial e a abundância foi mantida até eles desaparecerem como muitos outros grupos no final da Idade dos Répteis. As causas de sua extinção parecem ter tido relação com as da extinção de outros seres no ambiente aquático, embora este fato ainda seja tema de forte controvérsia no meio científico.

Com a extinção dos mosassauros, a posição de maior predador do ambiente marinho ficou desocupada. Acredita-se que o nível trófico foi posteriormente ocupado por outro grupo biológico, como ocorreu em vários exemplos durante a história da Terra (exemplo: extinção dos dinossauros e a conseqüente radiação evolutiva dos mamíferos no ambiente terrestre).

Na presente dissertação estamos considerando a sucessão faunística que ocorreu na passagem do Cretáceo para o Terciário envolvendo mosassauros e grupos de crocodilianos. Evidências de como esta sucessão teria ocorrido podem ser observadas nas rochas aflorantes na pedreira da Fábrica de Cimento Poty. Aqui, desde as camadas fosfáticas da base da Formação Gramame até o limite Cretáceo-Terciário (marcado pela anomalia geoquímica de Iridio), observa-se um grande número de dentes de mosassauros. Os crocodilos marinhos estão ausentes no espaço de tempo anteriormente citado. Após o limite, é constatada a total ausência dos mosassauros sendo encontrados um crescente número de dentes e algumas vértebras de grandes crocodilos marinhos, material preliminarmente classificado como pertencente a *Dyrosaurus* sp - Família DYROSAURIDAE (segundo Carvalho *et al.*, 1995a). Aparentemente esses animais ocuparam parcialmente ou completamente o nicho ecológico deixado pelos mosassauros, tornando-se, a partir daí, os grandes predadores do ecossistema marinho (Carvalho *et al.*, 1996).

A seqüência de ocupação do ambiente constatada no limite K-T da Bacia Pernambuco-Paraíba pode ser encontrada, também, em outras partes do mundo como em Marrocos, com a sucessão dos grandes crocodilos do Daniano (Paleoceno) denominados *Dyrosaurus phosphaticus*, após a extinção dos mosassauros no Maastrichtiano (Depéret & Russo, 1925). O mesmo é observado por Antunes (1964) para as formações cretáceas e terciárias da Angola e por Azzaroli *et al.* (1975) para as formações cretáceas e terciárias da Nigéria, onde são insignificantes os resquícios de crocodilos encontrados no Maastrichtiano enquanto no Terciário esse número aumenta consideravelmente..

Pode-se deduzir que esta sucessão ecológica tenha continuado no decorrer do Terciário com os DYROSAURIDAE sendo substituídos pelos grandes tubarões carcharhinóides. Os membros da família DYROSAURIDAE são conhecidos do Cretáceo Superior ao Eoceno. Por volta do Eoceno grandes tubarões (carcharhinóides) evoluem e ocupam o nicho ecológico de grande predador do ambiente marinho até os dias atuais.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGASSIZ, J. L., 1867. Lettre Agassiz á M. Marcou sur la geologie de la vallée de l'Amazone, aire des remarques de M. Jules Marcou. **Société Géologique de France**, 24(2 ser.): 109-111.
- AIGNER, T., 1985. Storm depositional systems. **Springer-Verlag (Lecture Notes in Earth Sciences)**, 3: 174 p.
- ALBERTÃO, G. A., 1993. **Abordagem interdisciplinar e epistemológica sobre as evidências do limite Cretáceo-Terciário, com base em leituras efetuadas no registro sedimentar das bacias da costa leste brasileira**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Ouro Preto, p. 251.
- ALBERTÃO, G. A.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; REGALI, M. P. S.; ATTREP Jr., M. & MARTINS Jr., P. P., 1993a. The Cretaceous-Tertiary boundary (KTB) at Pernambuco/Paraíba basin, Northeastern Brazil. **Acta Geologica Leopoldensia**, 16(38): 59-71.
- ALBERTÃO, G. A.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; REGALI, M. P. S. & MARTINS Jr., P. P., 1993b. O registro micropaleontológico, com base em foraminíferos e palinóforos, no limite Cretáceo-Terciário na Bacia de Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil. *In*: RESUMOS EXPANDIDOS DO XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p. 54.
- ALBERTÃO, G. A. & MARTINS Jr., P. P., 1992. O evento-limite entre o Cretáceo e o Terciário nas bacias sedimentares brasileiras. *In*: ANAIS DO XXXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, p. 463.
- ALBERTÃO, G. A.; REGALI, M. P. S.; KOUTSOUKOS, E. A. M. & MARTINS JR., P. P., 1994. O registro micropaleontológico, com base em foraminíferos e palinóforos, no limite Cretáceo-Terciário (K-T), bacia de Pernambuco-Paraíba (PE/PB), Nordeste do Brasil - Inferências paleoambientais. **Acta Geologica Leopoldensia**, 39(1): 131-145.
- ALVAREZ, W., 1986. Toward a theory of impact crises. **Eos**, 67(35): 649-658.
- ALVAREZ, L. W., 1983. Experimental evidence that an asteroid impact to the extinction of many species 65 million years ago. **Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America**, 80: 627-642.
- ALVAREZ, L. W.; ALVAREZ, W.; ASARO, F. & MICHEL, H. V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. **Science**, 208(4448): 1095-1108.
- ALVAREZ, L. W.; ALVAREZ, W.; ASARO, F. & MICHEL, H. V., 1982. Current status of the impact theory for the terminal Cretaceous extinction. *In*: SILVER, L. T. &

- SCHULTZ, P. H. ed. **Geological implications of impacts of large asteroids and comets on Earth. Geological Society of America, Special Paper, 190: 305-315.**
- ALVAREZ, W.; KAUFFMAN, E.G.; SURLYK, F.; ALVAREZ, L. W.; ASARO, F. & MICHEL, H. V., 1984. Impact theory of mass extinctions and the invertebrate fossil records. **Science, 223: 1135-1141.**
- ANDRADE RAMOS, J. R., 1959. Os Pachydiscus brasileiros. **Notas Preliminares e Estudos, Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 110: 25p.**
- ANTUNES, M. T., 1964. O Neocretáceo e o Cenozóico do litoral da Angola. **Junta de Investigações do Ultramar, 254 p.**
- ARCHIBALD, J. D. & CLEMENS, W. A., 1982. Late Cretaceous extinctions. **American Scientist, 70(4): 377-385.**
- ARNOLD, R., 1902. Fossils from Ponta de Pedras, Coast of Pernambuco. *In: BRANNER, J. C. Geology of the northeast coast of Brazil. Bulletin of Geology Society of America, 13: 47.*
- ASMUS, H. E. & PORTO, R., 1972. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. *In: ANAIS DO XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SBG, 2: 67-90.*
- ASMUS, H. E.; CARVALHO, J. C. & ZEMBRUSCKI, S., 1973. Evolução do Atlântico Sul e a área Recife-João Pessoa. *In: ATAS DO XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, separata.*
- AZEVEDO, S.A.; CARVALHO, L.B. & SILVA, V.G., 1995. Determinação de coordenadas geográficas dos principais afloramentos fossilíferos da bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil. *In: ATAS DO XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p. 6-7.*
- AZZAROLI, A.; DE GUILI, D. & TORRE, D., 1972. An aberrant mosasaur from the Upper Cretaceous of North Western Nigeria. **Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, 52(8): 53-56.**
- AZZAROLI, A.; GIULI, C.; FICCARELLI, G. & TORRE, D., 1975. Late Cretaceous mosasaurs from the Sokoto District, Nigeria. **Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, 13(série 8): 21-46.**
- BAKKER, R.T., 1986. **The Dinosaur Heresies.** Zebra Books, New York, 481p .
- BARRON, T. & HUME, W. E., 1901a. Notes sur la géologie du désert oriental de l'Égypte. *In: C. R. CONGR. GÉOL. INTERN. VIII SESSION, 2 fasc.*

- BARRON, T. & HUME, W. E., 1901b. The geology of the eastern desert of Egypt. **Geological Magazine**, 8(dec. 4).
- BAUR, G. H. C. L., 1890. On the characters and systematic position of the large sea-lizards, MOSASAURIDAE. **Science**, 16(405): 262.
- BAUR, G. H. C. L., 1892. On the morphology of the skull in MOSASAURIDAE. **Journal of Morphology**, 7(1): 1-22.
- BAUR, G. H. C. L., 1895. Cope on the temporal part of the skull, and on the systematic position of the MOSASAURIDAE, a reply. **The American Naturalist**, 29: 998-1002.
- BAUR, G. H. C. L., 1896. The paroccipital of the Squamata and the affinities of the MOSASAURIDAE once more. A rejoinder to Professor E. D. Cope. **The American Naturalist**, 30: 143-147.
- BELL, G. L. Jr. & MARTIN, J. E., 1995. Direct evidence of aggressive intraspecific competition in *Mosasaurus conodon* (MOSASAURIDAE: Squamata). **Journal of Vertebrate Paleontology**, 15(3): 18A
- BELL, G. L. Jr.; SHELDON, M. A. & MARTIN, J. E., 1996. The first direct evidence of live birth in MOSASAURIDAE (Squamata): exceptional preservation in the Cretaceous Pierre Shale of South Dakota. **Journal of Vertebrate Paleontology**, 16(3): 21A-22A.
- BENTON, M. J., 1985a. Classification and phylogeny of diapsid reptiles. **Zoological Journal of the Linnaean Society**, 84: 97-164.
- BENTON, M. J., 1985b. Mass extinctions among non-marine tetrapods. **Nature**, 316: 811-814.
- BENTON, M. J., 1986. The evolutionary significance of mass extinctions. **Trends in Ecology and Evolutionary Biology**, 1: 127-130.
- BERGGREN, W. A. & HOLLISTER, C. D., 1974. Paleogeography, paleobiogeography and the history of circulation in the Atlantic Ocean. In: HAY, W. W. (ed.). **Studies in paleo-oceanography. Society of Economic, Paleontologists and Mineralogists, Special Publications**, 20: 126-186.
- BERTIN, L., 1958. Écologie in Grassé. **Pierre, Traité de Zoologie**, 13(3): 1885-1933.
- BEURLIN, G., 1982. Bioestratigrafia e geostória da seção marinha da margem continental brasileira. **Boletim Técnico da PETROBRÁS**, 25: 77-83.
- BEURLIN, K., 1958. Dois crustáceos do Cretáceo Superior do nordeste do Brasil. **Boletim do Museu Nacional, N. Série, Geologia**, 26.

- BEURLEN, K., 1959. Observações sobre a Formação Maria Farinha, Estado de Pernambuco. **Arquivos Geológicos, Universidade de Recife, 1:** 5-15.
- BEURLEN, K., 1961. Die Kreide im Küstenbereich von Sergipe bis Paraíba do Norte (Brasilien). **Zeitschrift Deutschen Geologischen Gesellschaft, 112:** 378-384.
- BEURLEN, K., 1962a. O gênero *Callianassa* nas formações cretácicas de Pernambuco. **Arquivos de Geologia da Universidade de Recife, 2:** 1-10.
- BEURLEN, K., 1962b. O desenvolvimento paleogeográfico do Oceano Atlântico Sul. **Arquivos de Geologia da Universidade de Recife, 2:** 21-36.
- BEURLEN, K., 1966. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, 38(3-4):** 455-464.
- BEURLEN, K., 1967a. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, 16(1):** 43-54.
- BEURLEN, K., 1967b. Paleontologia da faixa-costeira Recife-João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, 16(1):** 73-79.
- BEURLEN, K., 1974. Die geologische Entwicklung des Atlantischen Ozeans. **Geotektonische Forschungsh, 46:** 1-69.
- BIGARELLA, J. J. & ANDRADE, G. O., 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos do Instituto de Ciências da Terra, Universidade de Recife, 2:** 2-14.
- BIRCH, G. F., 1978. Penecontemporaneous phosphatization by replacement and precipitation mechanisms on the western margin of southern Africa. *In:* ABSTRACTS 10TH INTERNATIONAL CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, **1:** 71.
- BOHOR, B. F., 1990. Shock-induced microdeformations in quartz and other mineralogical indications of an impact event at the Cretaceous-Tertiary boundary. **Tectonophysics, 171(1-4):** 359-372.
- BOULENGER, G. A., 1891. Notes on the osteology of *Heloderma horridum* and *H. suspectum*, with remarks on the systematic position of the Helodermatidae and on the vertebrae of the lacertilia. **Proceedings of the Zoological Society of London, 1891:** 109-118.
- BOURGEOIS, J.; HANSEN, T. A.; WIBERG, P. L. & KAUFFMAN, E. G., 1988. A tsunamit deposit at the Cretaceous-Tertiary boundary in Texas. **Science, 241(4865):** 567-570.

- BRANNER, J. C., 1889. The Cretaceous and Tertiary geology of Sergipe-Alagoas, Basins of Brazil. **American Philosophical Society, Transactions**, **16**: 369-434.
- BRANNER, J. C., 1900. The oil-bearing shales of the coast of Brazil. **Amer. Inst. Min. Eng., Transactions**, **30**: 537-554.
- BRANNER, J. C., 1902. "Geology of Northeast coast of Brazil". **Bulletin of Geological Society of America**, **13**: 41-98.
- BRITO, I. M., 1979. **Bacias sedimentares e formações pós-Paleozóicas do Brasil**. Editora Interciência, 179 p.
- BRITO, I. M., 1990. **O Cretáceo e sua importância na geologia do Brasil**. Editora da UFRJ, **3**.
- BROMLEY, R. G., 1967. Marine phosphorites as depth indicators. **Marine Geology**, **5**: 503-509.
- BUGE, E. & MUNIZ, G. C. B., 1974. *Lunulites (Heteractis) barbosa* e nouvelle espèce de Bryozoaire Lunulitifforme (Bryozoa, Cheilostomata) du Paleocène du Nord-Est du Brésil. **Annales de Paléontologie (Invert.)**, **60**(2): 191-202.
- BUSHINSKI, G. I., 1964. On shallow water origin of phosphate sediments. *In*: VAN STRAATEN, L. M. J. U. (ed.). **Deltaic and shallow marine deposits. Developments in Sedimentology**, **1**: 62-70.
- CAMP, C. L., 1923. Classification of lizards. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, **48**: 289-481.
- CAMP, C. L., 1942. California mosasaurs. **University of California Memoirs**, **13**: 68 p.
- CAPPS, S. R. JR., 1907. The girdles and hind limb of *Holosaurus abruptus* Marsh. **Journal of Geology**, **15**: 350-356.
- CARROLL, R. L., 1977. The origin of lizards. *In*: ANDREWS, M.; MILES, R. S. & WELLS, A. D. (eds.). **Problems in Vertebrate Evolution**. Academic Press, p. 359-396.
- CARROLL, R. L., 1988. **Vertebrate Paleontology and Evolution**. W. H. Freeman, 698p.
- CARVALHO, A. B.; RIBEIRO, C. M. M.; SILVA, V. G.; HENRIQUES, D. D. R. & AZEVEDO, S. A. K., 1995. Utilização de silicone e resina na confecção de moldes e réplicas de material fossilífero no Museu Nacional/UFRJ. *In*: ATAS DO XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p. 28

- CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A. K. & SILVA, V. G., 1995a. Novos vertebrados cretáceos e paleocênicos das formações Gramame e Maria Farinha, bacia sedimentar Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil. I. Répteis. *In: ATAS DO XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, p. 31-32.
- CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A. K. & SILVA, V. G., 1995b. Maastrichtian mosasaur remains from northeast Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **15**(3): 22A.
- CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A. K. & SILVA, V. G., 1996. Relações paleoecológicas entre vertebrados marinhos do limite Cretáceo-Terciário na Bacia Pernambuco-Paraíba. *In: RESUMOS DO XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA*, p. 262.
- CLEMENS, W. A., 1984. Evolution of marsupials during the Cretaceous-Tertiary transition. *In: REIF, W. E. & WESTPHAL, F. eds. THIRD SYMPOSIUM ON MESOZOIC TERRESTRIAL ECOSYSTEMS*, p. 47-53
- CLUBE, S. V. M. & NAPIER, W. M., 1986. Giant comets and the galaxy: implications of the terrestrial record. *In: SMOLUCHOWSKI, R.; BAHCALL, J. N. & MATTHEWS, M. S. (eds.). The Galaxy and the Solar System. University of Arizona Press*, p. 260-285.
- CONYBEARE, W. D., 1822. *In: PARKINSON, J. An introduction to the study of fossil organic remains*. First Ed. London, p. 298.
- COOPER, M. R., 1977. Eustasy during the Cretaceous: its implications and importance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **22**: 1-60.
- COPE, E. D., 1869a. On some Cretaceous reptilia. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, **20**: 233-242.
- COPE, E. D., 1869b. On the reptilia orders Pythonomorpha and Streptosauria. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, **12**: 250-266.
- COPE, E. D., 1869-1870. Synopsis of the extinct Batrachia, Reptilia, and Aves of North America. *American Philosophical Society Transactions*, n. s., issue in parts: **1**(1869): 1-105; **2**(1870): 106-235; **3**(1870): i-vii,236-252.
- COPE, E. D., 1870a. On some reptilia of the Cretaceous formation of the United States. *Proceedings of the American Philosophical Society*, **11**: 271-274.
- COPE, E. D., 1870b. Statements communicated regarding *Liodon perlatus*. *Proceedings of the American Philosophical Society*, **11**: 497.
- COPE, E. D., 1870c. On the cranium of Ichthyopterygia. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science*, **19**: 197-204.

- COPE, E. D., 1870d. The fossil reptiles of New Jersey. **The American Naturalist**, **3**: 84-91.
- COPE, E. D., 1875. The Vertebrata of the Cretaceous formations of the West. **U. S. Geol. Surv. Terr. Rep.**, **2**: 1-303.
- COPE, E. D., 1886. A contribution to the vertebrate paleontology of Brazil. **Proceedings of the American Philosophical Society**, **23**(121): 1-21.
- COPE, E. D., 1889. Synopsis of the families of Vertebrata. **The American Naturalist**, **23**: 849-877.
- COPE, E. D., 1895a. Baur on the temporal part of the skull, and on the morphoology of the skull in the MOSASAURIDAE. **The American Naturalist**, **29**: 855-859.
- COPE, E. D., 1895b. Reply to Dr. Baur's critique of my paper on the paroccipital bone of the scaled reptiles and the systematic position of the Pythonomorpha. **The American Naturalist**, **29**: 1003-1005.
- COPE, E. D., 1896. Criticism of Dr. Baur's rejoinder on the homologies of the paroccipital bone. **The American Naturalist**, **30**: 147-149.
- CORDANI, U. G.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A. & CUNHA, F. M. B., 1984. Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. **PETROBRÁS, CENPES, Ciência-Técnica-Petróleo, Exploração de Petróleo**, **15**: 70 p.
- CUNHA, W. S., 1995. Replicagem de dentes e pequenos ossos fossilizados. *In*: ATAS DO XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p. 38-39.
- CUVIER, G. C. F., 1808. Sur le grand animal fossile des carrières de Maestricht. **Annales du Museum d'Histoire Naturelle Paris**, **12**: 145-176.
- CZERKAS, S.J. & CZERKAS, S.A., 1991. **Dinosaurs - A global view**. Mallard Press, New York, 247p.
- DELLA FAVERA, J. C., 1990. Tempestitos da Bacia do Parnaíba. **Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, **1 e 2**.
- DEPÉRET, CH. & RUSSO, P., 1925. Les phosphates de Melgou (Maroc) et leur faune de Mosasauriens et de Crocodiliens. **Notes et Mémoires, Bulletin de la Société Géologique de France**, **25**(sér. 4): 329-347.
- DERBY, O. A., 1907. The sedimentary belt of the coast of Brazil. **Journal of Geology**, **15**(3): 218-237.

- DEVILLERS, C., 1943. Nerfs craniens et circulation céphalique de *Plioplatecarpus marshi*. **Annales de Paléontologie**, **30**: 47-59.
- DOLIANITI, E., 1955. Frutos de Nipa no Paleoceno de Pernambuco, Brasil. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Departamento Nacional da Produção Mineral**, **158**.
- DOLLO, L., 1882. Note sur l'ostéologie des MOSASAURIDAE. **Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Belgique**, **1**: 55-80.
- DOLLO, L., 1884. Le mosasaure. **Revue des Questions Scientifique**, **16**(1^aser.): 648-653.
- DOLLO, L., 1885a. Le hainosaure. **Revue des Questions Scientifique**, **18**(1 ser.): 285-289.
- DOLLO, L., 1885b. Notes d'ostéologie erpétologique. **Annales de la Société Scientifique de Bruxelles**, **9**(2): 309-338.
- DOLLO, L., 1885c. Première note le hainosaure. **Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Belgique**, **4**: 25-35.
- DOLLO, L., 1890. Première note sur les mosasauriens de Maestricht. **Bulletin Société Belge Geologie Mémoires**, **4**: 151-169.
- DOLLO, L., 1894. Nouvelle note sur l'ostéologie des mosasauriens. **Bulletin Société Belge Geologie Mémoires**, **6**: 219-259.
- DOLLO, L., 1903. Les ancêtres des mosasauriens. **Bulletin Scientifique de la France et Belgique**, **38**: 137-139.
- DOLLO, L., 1904a. Les mosasauriens de la Belgique. **Bulletin Société Belge Geologie Mémoires**, **18**: 207-216.
- DOLLO, L., 1904b. L'origine des mosasauriens. **Bulletin Société Belge Geologie Mémoires**, **18**: 217-222.
- DOLLO, L., 1924. *Globidens alabamensis*, mosasaurien américain retrouvé dans le Craie d'Obourg (Sénonien supérieur) du Hainaut, et les mosasauriens de la Belgique en général. **Archives Biologie**, **34**: 167-213.
- DOYLE, J. A., 1977. Patterns of evolution in early angiosperms. *In*: HALLAM, A. ed. **Patterns of evolution, as Illustrated by the Fossil Record**. Elsevier, p. 501-546.
- DUARTE, P. J., 1949. Depósitos de fosfatos na Formação Maria Farinha. **Anais da Sociedade de Biologia**, **9**: 37-42.

- DURINGER, P., 1984. Tempêtes et tsunamis: des dépôts de vagues de haute énergie intermittente dans le Muschelkalk supérieur (Trias germanique) de l'Est de la France. **Bulletin de la Société Géologique France**, 26(6): 1177-1185.
- EKDALE, A. A.; BROMLEY, R. G. & PEMBERTON, S. B., 1984. **Ichnology: the use of trace fossils in Sedimentology and Stratigraphy**. SEPM, 317 p. (short course n. 15).
- EUGÊNIO, W.S. & AZEVEDO, S.A., 1993. Os vertebrados cretácicos da Praia da Baronesa, Alcântara, Maranhão. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 66(1): 120.
- FISCHER, A. G., 1984. The two Phanerozoic supercycles. *In*: BERGGREN, W. A. & COUVERING, J. A. **Catastrophes and Earth History**. Princeton University Press, p. 129-150.
- FISHER, A., 1981. The world's great dyings. **Mosaic**, 12(2): 2-10.
- FOLK, R. L., 1959. Practical classification of limestones. **Bulletin the American Association of Petroleum Geologists**, 43: 1-38.
- FOLK, R. L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. **Bulletin the American Association of Petroleum Geologists, Memoirs**, 1: 62-84.
- FRANÇOLIN, J. B. L. & SZATMARI, P., 1987. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, 17: 196-207.
- FRAZZETTA, T. H., 1962. A functional consideration of cranial kinesis in lizards. **Journal Morphology**, 111(3):287-319.
- GADOW, H., 1901. **Amphibia and reptiles**. London, 668 p.
- GEMELLARO, M., 1921. Rettili maëstrichtiani di Egitto. **Giornale di Scienze Naturali ed Economiche di Palermo**, 32(1918-1920).
- GERVAIS, P., 1853. Observations relatives aux reptiles fossiles de France. **Comptes Rendus de l'Academie des Sciences**, 36: 374-377, 470-474.
- GILMORE, C. W., 1912. A new mosasauroid reptile from the Cretaceous of Alabama. **Proceedings of the United States National Museum**, 41:479-484.
- GILMORE, C. W., 1921. An extinct sea-lizard from western Kansas. **Scientific American**, 124: 273, 280.
- GILMORE, C. W., 1927. Note on the seconde occurrence of the mosasaurian reptile *Globidens*. **Science**, 66(1715): 452.

- GILMORE, C. W., 1928. Fossil lizards of North America. **Memoirs of the National Academy of Sciences**, **22**(third memoir): 169 p.
- GIRESSE, P., 1978a. On the present and recent stages of the appearance of phosphate concentrations in the unconsolidated sediments of the tropical African Atlantic shelf. *In*: ABSTRACTS 10TH INTERNATIONAL CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, **1**: 253.
- GIRESSE, P., A 1978b. The Maastrichtian phosphatic deposits of the Congo. *In*: ABSTRACTS 10TH INTERNATIONAL CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, **1**: 252.
- GOLDFUSS, A., 1845. Der Schädelbau des *Mosasaurus*, durch Beschreibung einer neuen art dieser Gattung erläutert. **Nova Acta Academiae Caesarea Leopoldino-Carolinae Germanicum Naturae Curiosorum**, **21**: 173-200.
- GREIGERT, J., 1966. Description des Formations Crétacées et Tertiaires du Bassin des Iullemmeden (Afrique Occidentale) (France). **Mémoires de Bureau de Recherches Géologiques et Minières**, **36**: 1-234.
- GULBRANDSEN, R. A., 1966. Chemical composition of phosphorites of the Phosphoria Formation. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, **30**: 769-778.
- HALFFTER, G., 1975. Eléments anciens de l'entomofaune néotropical: des implications biogéographiques. **Mémoires Muséum National. d'Histoire Naturelle**, **88**(sér.A): 114-145.
- HALLAM, A., 1979. The end of the Cretaceous. **Nature**, **281**: 430-431.
- HALLAM, A., 1987. End-Cretaceous mass extinction event; argument for terrestrial causation. **Science**, **238**: 1237-1242.
- HARTT, C. F., 1870. **Geology and physical of Brazil**. Fields Osgood & Co., 620p.
- HARTT, C. F., 1875a. Relatório preliminar dos trabalhos da Comissão Geológica na província de Pernambuco. Rio de Janeiro, 11p.
- HARTT, C. F., 1875b. Algumas considerações sobre o Recife de Pernambuco. **Instituto Polytechnico Brasileiro**, **5**.
- HERNGREEN, G. F. W., 1975. Palynology of Middle and Upper Cretaceous strata in Brazil. **Mededelingen van's Rijks Geologischen Dienst**, **26**(3): 39-91.
- HICKEY, L. J., 1981. Land plant evidence compatible with gradual, not catastrophic change at the end of the Cretaceous. **Nature**, **292**: 529-531.

- HILDEBRAND, A. R.; PENFIELD, G. T.; KRING, D. A.; PILKINGTON, M.; CAMARGO, A.; JACOBSEN, S. B. & BOYNTON, W. V., 1991. Chicxulub crater: a possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatán Peninsula, Mexico. **Geology**, **19**(9): 867-871.
- HOFFMAN, A., 1985. Patterns of family extinction depend on definition and geological time scale. **Nature**, **315**: 659-662.
- HOFFSTETTER, R., 1955. Squamates de type moderne. *In*: PIVETEAU, J. **Traité de Paléontologie**, **5**: 606-662.
- HOLLAND, W. J., 1908. An undertermined element in the osteology of the MOSASAURIDAE. **Annals of the Carnegie Museum**, **4**: 162-167.
- HOWELL, A. B., 1930. **Aquatic mammals, their applications to life in the water**. Springfield, 338 p.
- HSÜ, K. J., 1980. Terrestrial catastrophe caused by cometary impact at the end of the Cretaceous. **Nature**, **285**: 201-203.
- HSÜ, K. J., 1982. Evolutionary and environmental consequences of a terminal Cretaceous event. *In*: RUSSELL, D. A. & RICE, G. eds. Extinctions and possible terrestrial and extraterrestrial causes. **Syllogus**, **39**: 140-142.
- HUENE, von F., 1911. Über einem *Platecarpus* in Tübingen. **Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie**, **2**: 48-50.
- HUME, W. F., 1927. The phosphate deposits of Egypt. **Survey of Egypt Ministry of Finance**, **41**.
- JABLONSKI, D., 1986. Mass extinctions: new answers, new questions. *In*: KAUFFMAN, L. & MALLORY, K. **The Last Extinction** MIT Press, p. 43-61.
- KAUFFMAN, E. G., 1984. The fabric of Cretaceous marine extinctions. *In*: BERGGREN, W. A. & VAN COUVERING, J. A. (eds.) **Catastrophies and Earth History**. Princeton University Press, p. 151-246.
- KAUFFMAN, E. G. & KESLING, R. V., 1960. An Upper Cretaceous ammonite bitten by a mosasaur. **Contributions from the Museum of Paleontology, The University of Michigan**, **15**(9):193-248.
- KEGEL, W., 1953. Estratigrafia em: Relatório Anual do Diretor, ano de 1952. **Ministério da Agricultura, Divisão de Geologia e Mineralogia**.
- KEGEL, W., 1955. Geologia do fosfato de Pernambuco. **Boletim Divisão de Geologia e Mineralogia**, **157**: 1-54.

- KEGEL, W., 1957. Novo membro fossilífero da Formação de Itamaracá (Cretáceo Superior) de Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 29(3): 373-375.
- KERR, R. A., 1985. Periodic extinctions and impacts challenged. **Science**, 227: 1451-1453.
- KERR, R. A., 1987. Impact cratering looks clustered, not periodic. **Science**, 236: 1426-1427.
- KERR, R. A., 1988. Was there a prelude to the dinosaurs demise? **Science**, 139: 689-692.
- KITCHELL, J. A. & PENA, D., 1984. Peridocity of extinctions in the geologic past: deterministic versus stochastic explanations. **Science**, 226: 689-692.
- KORNHUBER, A., 1901. *Opetiosaurus buchichi*, eine neue fossile Eidechse aus der unteren Kreide von Lesina in Dalmatien. **Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt Wien**, 17(5): 1-24.
- KOUTSOUKOS, E. A. M., 1992. Late Aptian to Maastrichtian foraminiferal biogeography and palaeoceanography of the Sergipe Basin, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 92: 295-324.
- KRAMBERGER, C. G., 1892. *Aigialosaurus*, eine neue Eidechse aus den Kreideschiefern der Insel Lesina, mit Rücksicht auf die bereits beschriebenen Lacertiden von Comen und Lesina. **Glasnik Soc. His. Nat. Croatica**, 7: 74-106.
- KREIDLER, W. L. & ANDERY, P. A., 1950. Costa do Nordeste (Geologia). **Conselho Nacional do Petróleo, Relatório, 1949**: 86-90.
- LEIDY, M. D. J., 1865. Cretaceous reptiles of the United States. **Smithsonian Contributions to Knowledge**, 14.
- LIMA, M. R., 1985. Primeiros resultados palinológicos de sedimentos da bacia costeira de Pernambuco-Paraíba. *In*: RESUMOS DAS COMUNICAÇÕES DO IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p. 29.
- LINGHAM-SOLIAR, T., 1991. Mosasaurs from the Upper Cretaceous of Niger. **Palaeontology**, 34(3): 653-670.
- MABESOONE, J. M., 1967. Sedimentologia da faixa costeira de Recife-João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 16(1): 57-72.
- MABESOONE, J. M., 1975a. Sedimentary history of northeastern Brazil. *In*: IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE SEDIMENTOLOGIA, 5: 283-288.
- MABESOONE, J. M., 1975b. Desenvolvimento paleoclimático do Nordeste brasileiro. **Boletim do Núcleo Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia, Atas VII Simpósio de Geologia do Nordeste**, 5: 75-93.

- MABESOONE, J. M., 1981. Modelo deposicional dos fosforitos de Pernambuco. **Estudos Geológicos, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco**, 4(sér. B): 17-26.
- MABESOONE, J. M., 1991. Sedimentos do Grupo Paraíba. **Estudos e Pesquisas, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco**, 10(B): 63-71.
- MABESOONE, J. M. & ALHEIROS, M. M., 1988. Origem da bacia sedimentar costeira de Pernambuco-Paraíba. **Revista Brasileira de Geociências**, 18(4): 476-482.
- MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. & COUTINHO, P. N., 1968. The Mesozoic Tertiary boundary in northeastern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 4: 161-185.
- MACLEAN, D. M., 1982. Deccan volcanism and the Cretaceous-Tertiary transition. *In*: RUSSELL, D. A & RICE, G. eds. **Extinctions and possible terrestrial and extraterrestrial causes. Syllogus**, 39: 143-144.
- MANHEIM, F.; ROWE, G. T. & JIPA, D., 1975. Marine phosphorite formation of Peru. **Journal of Sedimentary Petrology**, 45: 243-251.
- MANTELL, G. A., 1829. A tabular arrangement of the organic remains of the county of Sussex. **Geological Society of London Transactions**, 3(2nd ser.): 201-216.
- MARSH, O. C., 1872a. Discovery of dermal scutes of mosasauroid reptiles. **American Journal Science**, 3(16): 290-292.
- MARSH, O. C., 1872b. On the structure of the skull and limbs in mosasauroid reptiles, with descriptions of new genera and species. **American Journal Science**, 3(18): 448-464.
- MARSH, O. C., 1876. Recent discoveries of extinct animals. **American Journal Science**, 12(3 ser.): 59-61.
- MARSH, O. C., 1880. New characters of mosasauroid reptiles. **American Journal Science**, 19(109): 83-87.
- MARTIN, H., 1953. A South Dakota mosasaur. **Unpublished Master's Thesis, South Dakota School of Mines and Technology**, 65 p.
- MAURY, J. C., 1924. Fósseis terciários do Brasil, com descrição de novas formas cretáceas. **Serviço Geológico e Mineralógico, Monografia**, 4: 665 p.
- MAURY, C. J., 1930. O Cretáceo da Parahyba do Norte. **Monografias, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, 8: 1-305.

- MCDOWELL, S. B. Jr. & BOGERT, C. M., 1954. The systematic position of *Lanthanotus* and the affinities of the Anguinomorph lizards. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, **105**(1): 1-142.
- MEHL, M. G., 1930. A new genus of mosasaurs from Mexico, and notes on the pelvic girdle of *Platecarpus*. **Bulletin of the Scientific Laboratories of Denison University**, **24**: 383-400.
- MENDES, J. C., 1962. Problemas estratigráficos da faixa sedimentar costeira de Pernambuco. **Instituto de Geologia, Universidade de Recife, Paleontologia**, **1**: 16.
- MENOR, E. A., 1975. **La sédimentation phosphatée, pétrographie, minéralogie et géochimie des gésements de Taiba (Sénégal) e d'Olinda (Brésil)**. Thèse doct. ing., Univ. Louis Pasteur, 153 p.
- MERRIAM, J. C., 1894. Ueber die Pythonomorphen der Kansas Kreide. **Palaeontographica**, **41**: 1-39.
- MITCHILL, S. L., 1818. Observations on the geology of North America. *In*: CUVIER, G. C. **F. Essay on the theory of the earth**. New York, p. 319-431.
- MORAES, L. J., 1928. Estudos Geológicos no estado de Pernambuco. **Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico**, **32**: 69-70.
- MUNIZ, G. C. B., 1993. Novos moluscos da Formação Gramame, Cretáceo Superior dos estados da Paraíba e de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco**, 202 p.
- MUNIZ, G. C. B. & LIMA, L. V. O., 1985. Paleontologia de Pernambuco: estado atual de conhecimentos. **Textos Didáticos, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco**, **1**(sér. D): 17-20.
- MUNIZ, G. C. B. & RAMIREZ, L. V. O., 1977. Observações ichnológicas preliminares na Formação Maria Farinha. **Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Nordeste, Atas VIII do Simpósio de Geologia do Nordeste**, p. 111-117.
- NOPCSA, F., 1903a. Über die *Varanus*-artigen Lacerten Istriens. **Beiträge zur Paleontologie und Geologie Österreich-Ungarns**, **15**: 30-42.
- NOPCSA, F., 1903b. On the origin of the mosasaurs. **Geological Magazine**, n. s., **decade 4**, **10**: 119-121.
- NOPCSA, F., 1923. *Eidolosaurus* und *Pachyophis* zwei neue Neocom-Reptilien. **Palaeontographica**, **65**: 97-154.
- NOPCSA, F., 1928. The genera of reptiles. **Palaeobiologica**, **1**: 163-188.

- OFFICER, C. B. & DRAKE, C. L., 1983. The Cretaceous-Tertiary transition. **Science**, **219**(4951): 1383-1390.
- OLIVEIRA, A. I. & LEONARDOS, O. H., 1943. Geologia do Brasil. **Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola**, 813 p.
- OLIVEIRA, P. E., 1940. História da pesquisa de petróleo no Brasil. **Ministério da Agricultura**, **15**: 208p.
- OLIVEIRA, P. E. de, 1951. Anchura roxoi, um novo molusco cretáceo do Estado de Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **23**(2): 159-162.
- OLIVEIRA, P. E., 1953. Invertebrados fósseis da Formação Maria Farinha. I-Cephalopoda. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, **146**: 33.
- OLIVEIRA, P. E., 1957a. Invertebrados cretácicos do fosfato de Pernambuco. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Departamento Nacional da Produção Mineral**, **172**.
- OLIVEIRA, P. E., 1957b. Ocorrência de Cefalópodos no Cretáceo do estado do Rio Grande do Norte. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **29**(2): 243-247.
- OLIVEIRA, P. E. & ANDRADE RAMOS, J. R., 1951. Contribuição à geologia do município de Olinda, Pernambuco. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, **138**: 1-23.
- OLIVEIRA, P. E. & ANDRADE RAMOS, J. R., 1956. Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, **151**: 60.
- OLIVEIRA, P. E. & SANTOS, M. E., 1969. Invertebrados fósseis da Formação Maria Farinha: Bivalvia. **Boletim Especial da Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo da Bahia**, **1**: 60.
- OLIVEIRA, P. E. de & SILVA SANTOS, R. da, 1950. Fósseis Cretáceos da Ilha de Itamaracá. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **22**(1): 107-112.
- OSBORN, H. F., 1899a. A complete Mosasaur skeleton. **Memoirs of the American Museum of Natural History**, **1**(4): 165-188.
- OSBORN, H. F., 1899b. Upon the structure of *Tylosaurus dyspelor*, including the cartilaginous sternum. **Science**, **9**(2nd ser.): 912-913.
- OWEN, R., 1840-1845. **Odontography; or a treatise on the comparative anatomy of the teeth; their physiological relations, mode of development and microscopic structure in the vertebrate animals**. Hippolyte Bailliere, 2 vols.
- OWEN, R., 1849-1884. **A history of British fossil reptiles**. Cassell, 4 vols.

- OWEN, R., 1877. On the rank and affinities in the reptilian class of the MOSASAURIDAE. **Quarterly Journal of the Geological Society**, 33(4): 682-719.
- OWEN, R., 1879. On the occurrence in North America of rare extinct vertebrates found fragmentarily in England. **Annals and Magazine of Natural History**, 4(5th ser.): 53-61.
- PADIAN, K. & CLEMENS, W. A., 1985. Terrestrial vertebrate diversity: episodes and insights. *In*: VALENTINE, J. W. **Phanerozoic diversity patterns**. Princeton University Press, p. 41-96.
- PATRUSKY, B., 1986/87. Mass extinctions: The biological side. **Mosaic**, 17: 2-13.
- PETRI, S. & FÚLFARO, V. J., 1983. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. T. A. Queiroz, Editora da Universidade de São Paulo, 631p.
- PIPER, D. Z. & CODISPOTI, L. A., 1975. Marine phosphorite deposits and the nitrogen cycle. **Science**, 188: 15-18.
- PIVETEAU, J., 1955. **Traité de Paléontologie: Amphibiens, Reptiles, Oiseaux**. Masson et C^{ie}, Éditeurs, Tomo V: 1113 p.
- PONTE, F. C. & ASMUS, H. E., 1976. The Brazilian marginal basins: current state of knowledge. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 48(Supl.): 215-239.
- POUGH, F. H.; HEISER, J. B. & MCFARLAND W. N., 1993. **A vida dos vertebrados**. Atheneu, 839 p.
- PRICE, L. I., 1953a. Restos de mosassaurios de Pernambuco e considerações sobre a presença destes répteis na Bacia Amazônica do Brasil. **Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas Preliminares e Estudos**, 58: 15.
- PRICE, L. I., 1953b. A presença de Pterosauria no Cretáceo Superior do Estado da Paraíba. **Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas Preliminares e Estudos**, 71: 10.
- PRICE, L. I., 1957. A presença de *Globidens* no Cretáceo Superior do Brasil. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, 169: 24p.
- PRIEM, F., 1914. Sur les vertébrés du Crétacé et de l'Eocène d'Egypte. **Bulletin de la Société Géologique de France**, 14(4): 366-382.
- RAND, H. M., 1976. **Estudos geofísicos na faixa litorânea no sul do Recife**. Universidade Federal de Pernambuco, Tese Livre-docência, 112p.

- RAND, H. M., 1978. Análise gravimétrica e magnetométrica da estrutura superficial da faixa costeira do Nordeste brasileiro. *In: ANAIS DO XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SBG, 5: 2336-2346.*
- RAND, H. M., 1985. Ligação "landbridge"(ponte intercontinental) entre Pernambuco-Paraíba e Nigéria Camarões. **Textos Didáticos, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, 1(sér. D): 44.**
- RAND, H. M. & MABESOONE, J. M., 1982. Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 38: 163-183.**
- RATHBUN, R., 1875. Preliminary report on the Cretaceous Lamellibranchs collected in the vicinity of Pernambuco, Brazil. **Proceedings of the Boston Society Natural History, p. 241-256.**
- RATHBUN, R., 1902. Description of *Zanthopsis cretacea* sp. nov. from the Parahyba do Norte. **Bulletin Geological Society of America, 13: 43-44.**
- RAUP, D. M. & SEPKOSKI, J. J., 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. **Science, 215: 1501-1503.**
- RAUP, D. M. & SEPKOSKI, J. J., 1984. Periodicities of extinctions in the geologic past. **Proceedings National Academy Sciences, 81: 801-805.**
- RAUP, D. M. & SEPKOSKI, J. J., 1986. Periodic extinction of families and genera. **Science, 231: 833-836.**
- REBOUÇAS, J. & SILVA SANTOS, R., 1956. Fauna ictiológica do fosfato de Pernambuco. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, 162: 29 p.**
- REGALI, M. da S. P., 1993. O limite K-T no Brasil. *In: RESUMOS EXPANDIDOS DO XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p.162.*
- REGALI, M. da S. P., 1994. O limite K-T no Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia, 17(39/2): 473-484.**
- REYMENT, R. A. & TAIT, E. A., 1974. Biostratigraphical dating of the early history of the South Atlantic Ocean. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 264(B): 55-95.**
- ROMER, A.S., 1956. **Osteology of the reptiles.** The University of Chicago Press, 772 p.
- RUCHIN, L. B., 1958. **Grundzüge der lithologie. Lehre von den Sedimentgesteinen.** Akademie-Verlag, 806p.

- RUSSELL, D. A., 1964. Intracranial mobility in mosasaurs. **Postilla, Peabody Museum of Natural History, Yale University**, 86: 1-19.
- RUSSELL, D. A., 1967. Systematics and morphology of American mosasaurs. **Bulletin of the Peabody Museum of Natural History, Yale University**, 23: 1-240.
- RUSSELL, D. A., 1975. A new species of *Globidens* from South Dakota, and a review of globidentine mosasaurs. **Fieldiana, Geology**, 33(13): 235-256.
- RUSSELL, D. A., 1982. The mass extinctions of the late Mesozoic. **Scientific American**, 246(1): 58-65.
- RUSSELL, D. A., 1984. Terminal Cretaceous extinctions of large reptiles. *In*: BERGGREN, W. A. & VAN COUVERING, J. A. (eds.). **Catastrophes and Earth history. The new uniformitarianism. Princeton University Press**, p. 373-393.
- SANTOS, R. S., 1960. A posição sistemática de *Enneles audax* Jordan e Branner da Chapada do Araripe, Brasil. **Divisão de Geologia e Mineralogia, Monografia**, 17: 25 p.
- SCHOPF, T. J. M., 1983. Extinction of the dinosaurs: a 1982 understanding. *In*: SILVER, L. T. & SCHULTZ, P. (eds.). **Large body impacts and terrestrial evolution. Geological Society of America, Special Paper**, 190: 415-422.
- SHELDON, R. P., 1964. Paleolatitudinal and paleogeographic distribution of phosphorite. **United States Geological Survey, Professional Paper**, 501C: 106-113.
- SHOEMAKER, E. M. & WOLFE, R. F., 1986. Mass extinctions, crater ages, and comet showers. *In*: SMOLUCHOWSKI, R.; BAHCALL, J. N. & MATTHEWS, M. S. (eds.). **The galaxy and the solar system. University Arizona Press**, p. 338-386.
- SILVA, V. G., 1993. A "Coleção Cope" no Museu Nacional/UFRJ: Vertebrados Fósseis da Bahia, Sergipe e Pernambuco (Brasil), e sua correlação estratigráfica. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-graduação em Geociências/UFRJ, 184 p.
- SILVA, V. G.; AZEVEDO, S. A. K. & CARVALHO, L. B., 1995. Novos vertebrados cretáceos e paleocênicos das formações Gramame e Maria Farinha, bacia sedimentar Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil. I. Peixes. *In*: ATAS DO XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, p. 122-123.
- SILVA SANTOS, R. da & FIGUEIREDO, F. J. de, 1987. Sobre um SAUROCEPHALIDAE da Formação Gramame (camada de fosfato), Estado de Pernambuco. **Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia**, 1:7-19.
- SIMPSON, G. G., 1942. The beginnings of vertebrate paleontology in North America. **Proceedings of the American Philosophical Society**, 86: 130-188.

- SLOAN, R. E., 1976. The ecology of dinosaur extinction. *In: CHURCHER, C. S., ed. Athlon-Essays on Paleontology in Honour of Loris Shano Russell. Royal Ontario Museum Life Science, Miscellaneous Publications*, p. 134-153.
- SLOAN, R. E., RIGBY, J. R. JR., VAN VALEN, L. M. & GABRIEL, D., 1986. Gradual dinosaur extinction and simultaneous ungulate radiation in the Hell Creek Formation. *Science*, **232**: 629-633.
- SMIT, J., 1990. Meteorite impact, extinctions and the limite Cretaceous-Tertiary boundary. *Geologie en Mijnbouw*, **69**: 187-204.
- SMITH, J. R., 1980. Mechanical significance of streptostyly in lizards. *Nature*, **238**: 778-779.
- SNOW, F. H., 1878. On the dermal covering of a mosasauroid reptile. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, **6**: 54-58.
- STINNESBECK, W., 1989. Fauna y microflora en el límite Cretácico-Terciario en el Estado de Pernambuco, nordeste de Brasil. *In: CONTRIBUCIONES DE LOS SIMPOSIOS SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA LATINA, Parte A: Eventos y Registro Sedimentario*, p. 215-230.
- SWINTON, W. E., 1930. On fossil reptilia from Sokoto Province. *Bulletin Survey of Nigeria*, **13**.
- SZATMARI, P.; CONCEIÇÃO, J. C. L.; LANA, M. S. ; MILANI, E. J. & LOBO, A. P., 1984. Mecanismo tectônico do rifteamento sul-atlântico. *In: ANAIS DO XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SBG*, **4**: 1589-1601.
- TINOCO, I. M., 1955. Nota sôbre a microfauna do calcáreo Cretáceo da Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas Preliminares e Estudos*, **91**.
- TINOCO, I. M., 1962. Contribuição ao conhecimento da microfauna do fosfato de Pernambuco I - Foraminíferos: O gênero *Fascipira*. *Arquivos de Geologia da Universidade de Recife*, **2**: 59-73.
- TINOCO, I. M., 1963. Fragmentos de Equinodermas do Paleoceno de Pernambuco. *Arquivos de Geologia da Universidade de Recife*, **4**: 49-63.
- TINOCO, I. M., 1967. Micropaleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **16**(1): 81-95.
- TINOCO, I. M., 1971a. *Foraminíferos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Astronomia, Universidade de São Paulo, 132 p.

- TINOCO, I. M., 1971b. Foraminíferos planctônicos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco, Nordeste do Brasil. *In: ANAIS DO XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, p. 17-35.
- TINOCO, I. M., 1976. Foraminíferos planctônicos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário, em Pernambuco, Nordeste do Brasil. *In: ANAIS DO XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SBG, 2: 17-35.*
- TINOCO, I. M., 1985. Importância da micropaleontologia para o Fanerozóico nordestino. **Textos Didáticos, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, 1(sér. D): 45-46.**
- TINOCO, I. M. & SIQUEIRA, L. P., 1976. Aplicação da micropaleontologia na prospecção de fosfato sedimentar. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, 48: 47-55.**
- UREY, H. C., 1973. Cometary collisions and geological periods. **Nature, 242: 32-33.**
- VAN VALEN, L. M., 1984. Catastrophes, expectations, and the evidence. **Paleobiology, 10: 121-137.**
- VAN VALEN, L. M. & SLOAN, R. E., 1977. Ecology and the extinction of the dinosaurs. **Evol Theory, 2: 37-64.**
- WELLES, S. P., 1952. A review of the North American Cretaceous Elasmosaurs. **University of California Publications in Geology Sciences, 29 (3): 47-143.**
- WELLES, S. P. & GREGG, D. R., 1971. Late Cretaceous marine reptiles of New Zealand. **Records of the Canterbury Museum, 9: 1-111.**
- WHITE, R., 1887. Contribuições à Paleontologia do Brasil. **Archivos do Museu Nacional, 7: 273.**
- WIFFEN, J., 1980. *Moanasaurus*, a new genus of marine reptile (Family MOSASAURIDAE) from the Upper Cretaceous of North Island, New Zealand. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 23: 507-528.**
- WIFFEN, J., 1990a. New mosasaurs (Reptilia; Family MOSASAURIDAE) from the Upper Cretaceous of North Island, New Zealand. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 33: 67-85.**
- WIFFEN, J., 1990b. *Moanasaurus mangahouangae* or *Mosasaurus mangahouangae*? **New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 33: 87-88.**
- WIFFEN, J. & MCKEE, J. W. A., 1990. Mangahouanga Stream - Cretaceous vertebrate site. **Geological Society of New Zealand Miscellaneous Publication, 50B: 189-202.**

- WILLIAMSON, E., 1868. Geology of Parahyba and Pernambuco gold regions. **Manchester Geological Society Transaction.**
- WILLISTON, S. W., 1895. New or little-known extinct vertebrates. **Kansas University Quartely, 3:** 165-176.
- WILLISTON, S. W., 1897a. *Brachysaurus*, a new genus of mosasaurs. **Kansas University Quartely., 6:** 95-98.
- WILLISTON, S. W., 1897b. On the extremities of *Tylosaurus*. **Kansas University Quartely, 6:** 99-102.
- WILLISTON, S. W., 1897c. Restoration of Kansas mosasaurs. **Kansas University Quartely, 6:** 107-110.
- WILLISTON, S. W., 1897d. Range and distribution of the mosasaurs. **Kansas University Quartely, 6:** 177-189.
- WILLISTON, S. W., 1897e. The Kansas Niobrara Cretaceous. **Bulletin Kansas University Geological Survey, 2:** 235-246.
- WILLISTON, S. W., 1898a. The Upper Cretaceous of Kansas. **Bulletin Kansas University Geological Survey, 4:** 28-32.
- WILLISTON, S. W., 1898b. Mosasaurs. **Bulletin Kansas University Geological Survey, 4(5).**
- WILLISTON, S. W., 1898c. Editorial notes. **Kansas University Quartely, 7:** 235.
- WILLISTON, S. W., 1899. Some additional characters of mosasaurs. **Kansas University Quartely, 8:** 39-41.
- WILLISTON, S. W., 1902. Notes on some new or little known extinct reptiles. **University of Kansas Science Bulletin, 1:** 247-254.
- WILLISTON, S. W., 1904. The relationships and habits of the mosasaurs. **Journal of Geology, 12:** 43-51.
- WILLISTON, S. W., 1914. **Water reptiles of the past and present.** University of Chicago Press, 251 p.
- WILLISTON, S. W., 1925. **The osteology of the reptiles.** Arranged and edited by W. K. Gregory Harvard Univ. Press, 300 p.
- WILLISTON, S. W. & CASE, E. C., 1892. Kansas mosasaurs. **Kansas University Quartely, 1:** 15-32.

- WIMAN, C., 1920. Some reptiles from the Niobrara group in Kansas. **Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala**, 18: 9-18.
- WOODWARD, A. S., 1891. Note on a tooth of an extinct alligator, *Bottosaurus belgicus*, sp. n., from the lower Danian of Ciply, Belgium. **Geological Magazine**, 8: 114-115.
- WOLBACH, W. S.; GILMOUR, I. & ANDERS, E., 1990. Major wildfires at the Cretaceous/Tertiary boundary. *In*: SHARPTON, V. L. & WARD, P. D. (eds.). **Global Catastrophes in Earth History: an interdisciplinary conference on impacts, volcanism and mass mortality**. Boulder, Geological Society of America, Special Paper, 247: 391-400.
- ZDANSKY, O., 1935. The occurrence of mosasaurs in Egypt and in Africa in general. **Bulletin de l'Institut d'Égypte**, 17:83-94.

TABELAS

TABELA I: Medidas das coroas dos dentes de mosassauros.

Número	Altura	Ântero-posterior	Lábio-lingual
UFPE 02A	1,23 cm	0,73 cm	0,48 cm
UFPE 03A	2,00 cm	0,84 cm	0,67 cm
UFPE 04A	2,70 cm	1,48 cm	1,24 cm
UFPE 04B	1,50 cm	1,31 cm	0,70 cm
UFPE 05A	1,09 cm	1,12 cm	-----
UFPE 05B	1,08 cm	0,86 cm	-----
UFPE 06A	1,38 cm	1,11 cm	0,80 cm
UFPE 06B	2,41 cm	1,46 cm	1,05 cm
UFPE 06C	2,25 cm	1,60 cm	1,07 cm
UFPE 06D	2,60 cm	1,56 cm	1,20 cm
UFPE 08A	0,76 cm	1,08 cm	0,46 cm
UFPE 08B	0,72 cm	1,19 cm	0,46 cm
UFPE 08C	0,66 cm	0,79 cm	0,44 cm
UFPE 09A	1,34 cm	1,32 cm	1,00 cm
UFPE 09B	0,78 cm	0,72 cm	0,42 cm
UFPE 09C	1,44 cm	-----	-----
UFPE 09D	1,13 cm	-----	-----
UFPE 09E	1,62 cm	0,79 cm	0,60 cm
UFPE 09F	1,84 cm	0,82 cm	0,66 cm
UFPE 09G	1,04 cm	0,87 cm	0,42 cm
UFPE 09H	1,62 cm	0,68 cm	0,40 cm
UFPE 10A	4,19 cm	2,91 cm	1,92 cm
UFPE 11A	2,66 cm	0,94 cm	0,77 cm
UFPE 15A	0,33 cm	0,81 cm	0,62 cm
UFPE 16A	2,40 cm	0,89 cm	0,79 cm
UFPE 19A	1,29 cm	0,50 cm	0,40 cm
UFPE 20A	3,90 cm	1,90 cm	1,25 cm
MN 2591-V	0,75 cm	1,24 cm	0,44 cm
MN 2592/1-V	2,56 cm	2,08 cm	1,85 cm
MN 2592/2-V	1,92 cm	1,37 cm	1,22 cm
MN 2592/3-V	3,27 cm	2,28 cm	1,82 cm
MN 2592/4-V	2,25 cm	1,70 cm	1,32 cm
MN 2592/5-V	2,19 cm	1,79 cm	1,62 cm

MN 2592/6-V	1,56 cm	1,17 cm	0,89 cm
MN 4574-V	2,18 cm	1,20 cm	0,87 cm
MN 4575-V	2,16 cm	1,31 cm	0,89 cm
MN 4576-V	2,40 cm	1,93 cm	----
MN 4577-V	1,11 cm	0,61 cm	0,50 cm
MN 4578-V	1,42 cm	1,10 cm	0,66 cm
MN 4579-V	0,79 cm	0,55 cm	0,33 cm
MN 4580-V	0,83 cm	0,58 cm	-----
MN 4581-V	1,15 cm	-----	-----
MN 4584-V	3,10 cm	2,06 cm	1,40 cm
MN 4585-V	1,85 cm	1,21 cm	0,73 cm
MN 4586-V	1,46 cm	0,74 cm	0,51 cm
MN 4587-V	1,10 cm	0,67 cm	-----
MN 4588-V	0,80 cm	0,63 cm	0,49 cm
MN 4589-V	1,10 cm	0,70 cm	0,50 cm
MN 4590-V	0,74 cm	0,57 cm	0,40 cm
MN 4591-V	1,10 cm	0,62 cm	0,45 cm
MN 4635-V	1,34 cm	0,90 cm	0,65 cm
MN 4636-V	0,72 cm	0,60 cm	0,53 cm
MN 4637-V	1,34 cm	0,60 cm	0,45 cm
MN 4639-V	0,78 cm	0,70 cm	0,43 cm
MN 4640-V	1,03 cm	0,66 cm	0,45 cm
MN 4641-V	2,33 cm	0,61 cm	0,45 cm
MN 4642-V	1,51 cm	0,85 cm	0,60 cm
DGM 239-R	0,92 cm	0,96 cm	0,68 cm
DGM 347-R	1,15 cm	0,81 cm	0,56 cm
DGM 452-R	2,24 cm	1,32 cm	0,90 cm
DGM 453-R	2,70 cm	1,64 cm	1,40 cm
DGM 454-R	4,90 cm	2,95 cm	-----
DGM 455-R	2,12 cm	1,06 cm	0,74 cm
DGM 456-R	1,71 cm	1,14 cm	0,78 cm
DGM 457-R	1,56 cm	0,86 cm	0,68 cm
DGM 458-R	1,00 cm	0,83 cm	0,61 cm
DGM 459-R	1,46 cm	2,44 cm	1,77 cm
DGM 460-R	1,36 cm	2,10 cm	-----
DGM 461-R	1,25 cm	1,30 cm	0,70 cm
DGM 462-R	0,77 cm	0,83 cm	0,55 cm
DGM 463-R	2,80 cm	2,89 cm	1,27 cm
DGM 464-R	1,57 cm	1,16 cm	0,82 cm

DGM 465-R	1,46 cm	1,10 cm	0,73 cm
DGM 466-R	1,50 cm	1,20 cm	1,87 cm
DGM 467-R	0,90 cm	0,90 cm	0,62 cm
DGM 468-R	1,76 cm	1,08 cm	0,79 cm
DGM 469-R	1,22 cm	0,86 cm	0,63 cm
DGM 470-R	2,45 cm	1,27 cm	0,92 cm
DGM 471-R	1,72 cm	1,33 cm	1,08 cm
DGM 472-R	2,98 cm	0,98 cm	0,78 cm
DGM 473-R	1,38 cm	0,95 cm	0,62 cm
DGM 474-R	2,07 cm	1,36 cm	1,08 cm
DGM 475-R	1,41 cm	1,18 cm	1,01 cm
DGM 476-R	2,37 cm	1,00 cm	0,88 cm
DGM 477-R	1,53 cm	0,87 cm	0,80 cm
DGM 478-R	1,59 cm	1,24 cm	0,93 cm
DGM 479-R	1,16 cm	1,04 cm	0,66 cm
DGM 480-R	1,33 cm	0,88 cm	0,66 cm
DGM 481-R	-----	2,70 cm	2,31 cm
DGM 483-R	-----	2,95 cm	2,26 cm
DGM 484-R	1,84 cm	2,45 cm	2,15 cm
DGM 486-R	1,35 cm	-----	-----
DGM 487-R	1,39 cm	0,86 cm	0,75 cm
DGM 488-R	2,19 cm	2,25 cm	1,44 cm
DGM 489-R	2,80 cm	1,78 cm	1,30 cm
DGM 1/1	4,50 cm	2,87 cm	2,39 cm
DGM 1/2	2,44 cm	1,78 cm	1,43 cm
DGM 1/3	3,24 cm	1,86 cm	1,77 cm
DGM 1/4	1,56 cm	1,18 cm	0,93 cm
DGM 1/5	2,55 cm	3,04 cm	2,72 cm
DGM 2/2	3,41 cm	2,49 cm	2,04 cm
DGM 2/3	1,84 cm	1,12 cm	0,82 cm
DGM 2/4	1,68 cm	1,64 cm	0,91 cm
DGM 3/2	2,20 cm	1,39 cm	1,03 cm
DGM 3/3	1,91 cm	1,23 cm	1,19 cm
DGM 3/4	1,68 cm	0,93 cm	0,74 cm
DGM 3/5	1,30 cm	1,40 cm	0,99 cm
DGM 3/6	1,41 cm	0,72 cm	0,57 cm
DGM 3/7	1,12 cm	0,63 cm	0,47 cm
DGM 3/8	0,94 cm	0,83 cm	0,48 cm

TABELA II: Medidas da base de fixação de alguns dentes analisados.

Número	Altura	Ântero-posterior	Lábio-lingual
UFPE 03A	1,14 cm	0,93 cm	0,76 cm
UFPE 15A	1,42 cm	1,53 cm	0,80 cm
MN 4588-V	1,28 cm	0,66 cm	0,56 cm
MN 4591-V	0,39 cm	-----	-----

TABELA III: Medidas dos centros vertebrais analisados.

Número	Altura	Comprimento	Largura
DGM 344-R	5,15 cm	4,55 cm	3,83 cm
DGM 345-R	5,10 cm	4,88 cm	3,67 cm
DGM 346-R	5,55 cm	5,21 cm	-----

TABELA IV: Medidas aproximadas do espécimen DGM 2/1 (úmero de indivíduo da família Mosasauridae).

Número	Altura	Largura máx. da epífise
DGM 2/1	7,34 cm	5,16 cm

TABELA V: Medidas aproximadas do espécimen DGM 3/1 (falange de indivíduo da família Mosasauridae).

Número	Altura	Largura (linha média)	Espessura
DGM 3/1	3,43 cm	1,46 cm	0,70 cm

FIGURAS



Figura 1: Localização da faixa sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba (modificado de Mabesoone & Alheiros, 1988).

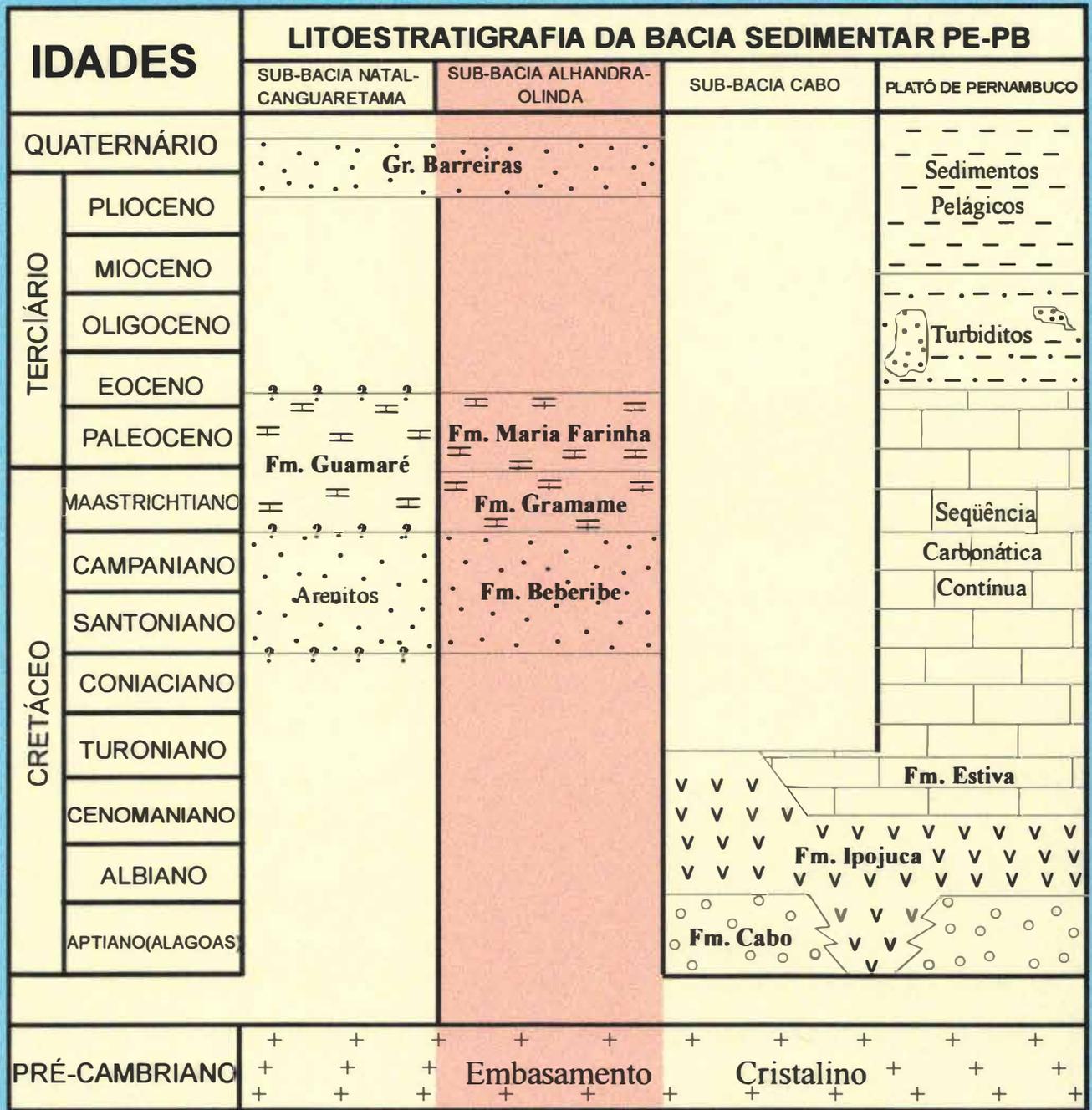


Figura 2: Carta estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba, com subdivisão em sub-bacias (segundo Mabeoone & Alheiros, 1988).

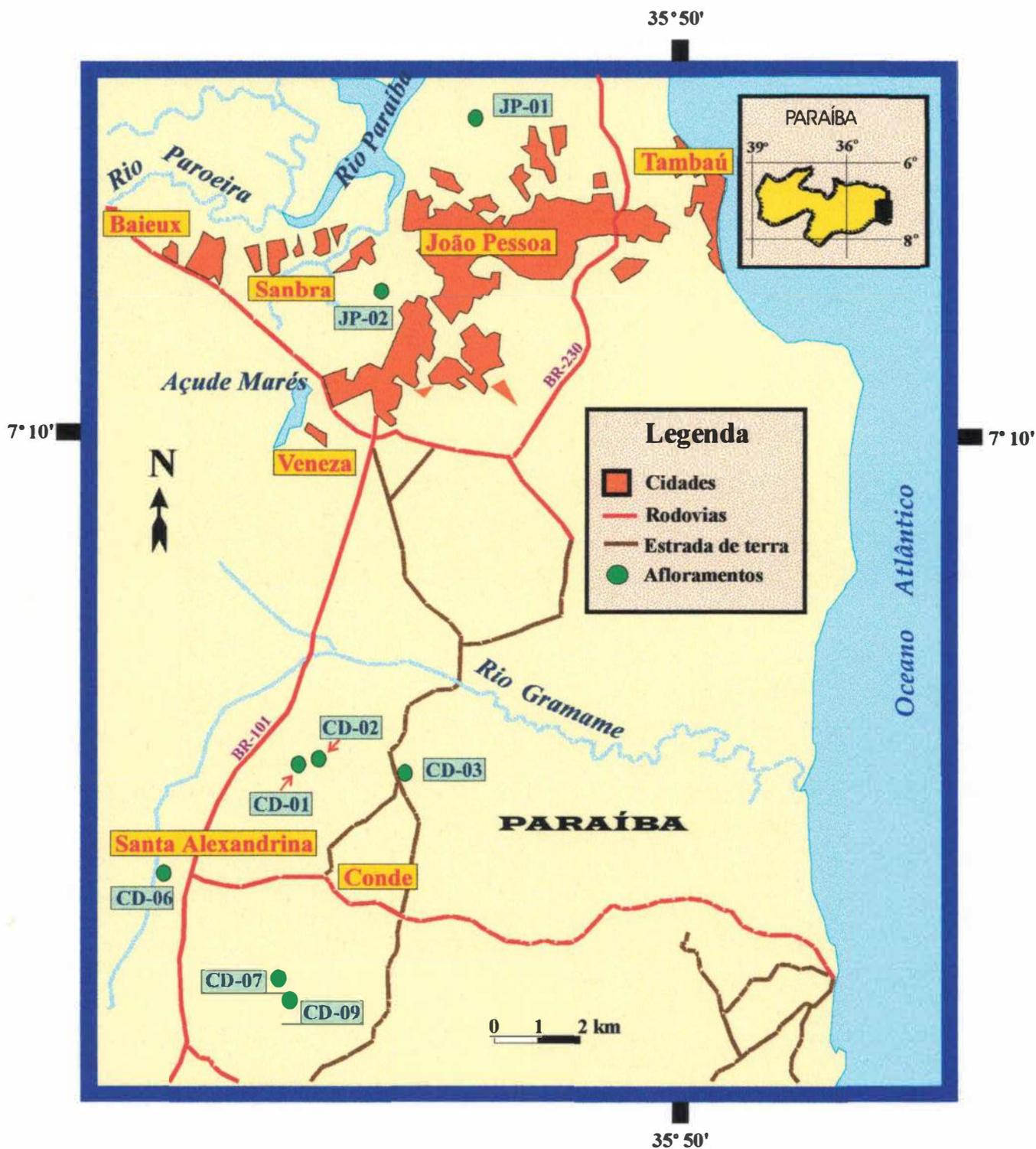


Figura 3: Afloramentos visitados na porção Norte da Bacia Pernambuco-Paraíba.

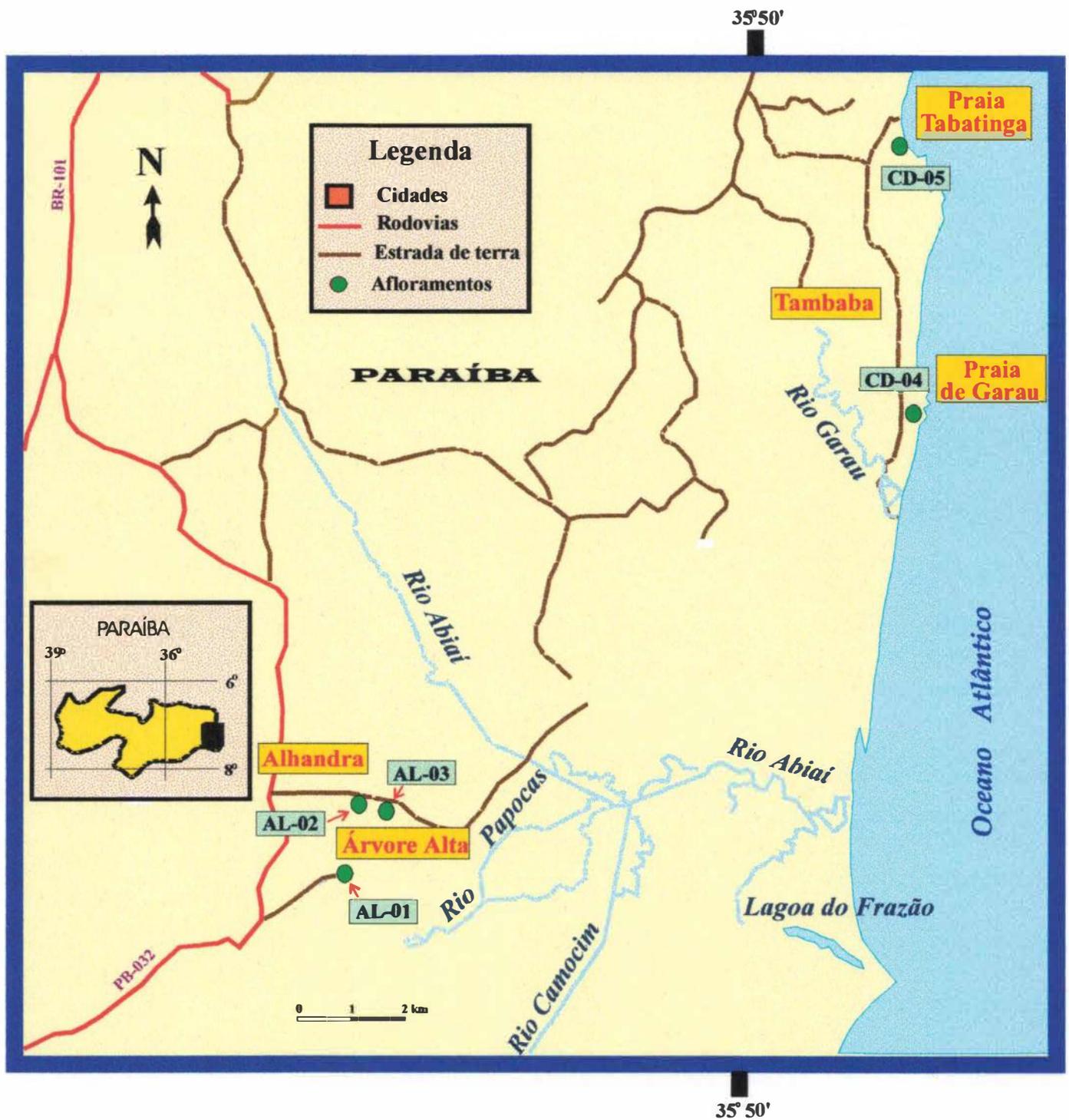


Figura 4: Afloramentos visitados na porção Centro-Norte da Bacia Pernambuco-Paraíba.



Figura 5: Afloramentos visitados na porção Centro-Sul da Bacia Pernambuco-Paraíba.

34° 50'



Figura 6: Afloramentos visitados na porção Sul da Bacia Pernambuco-Paraíba.

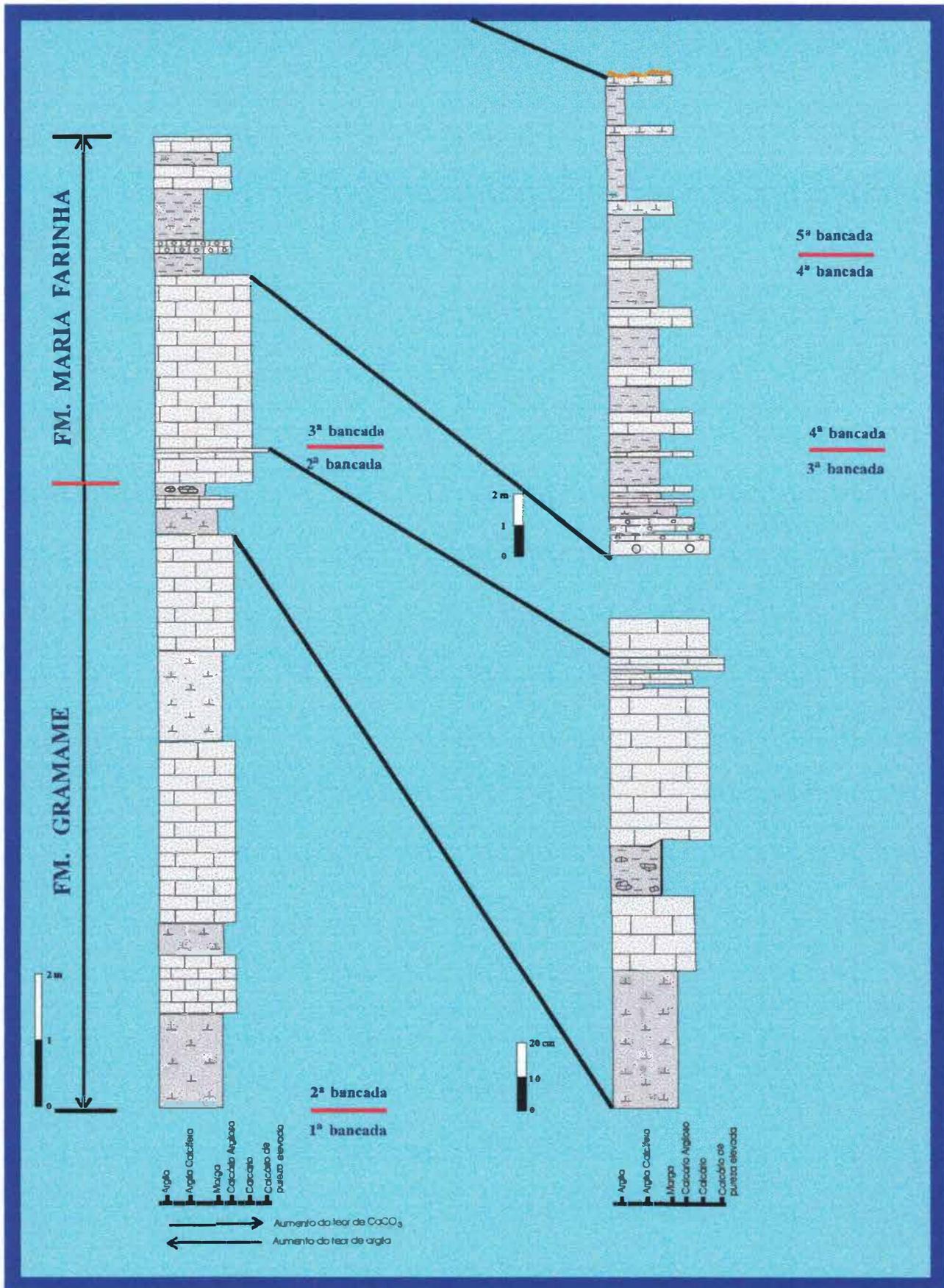
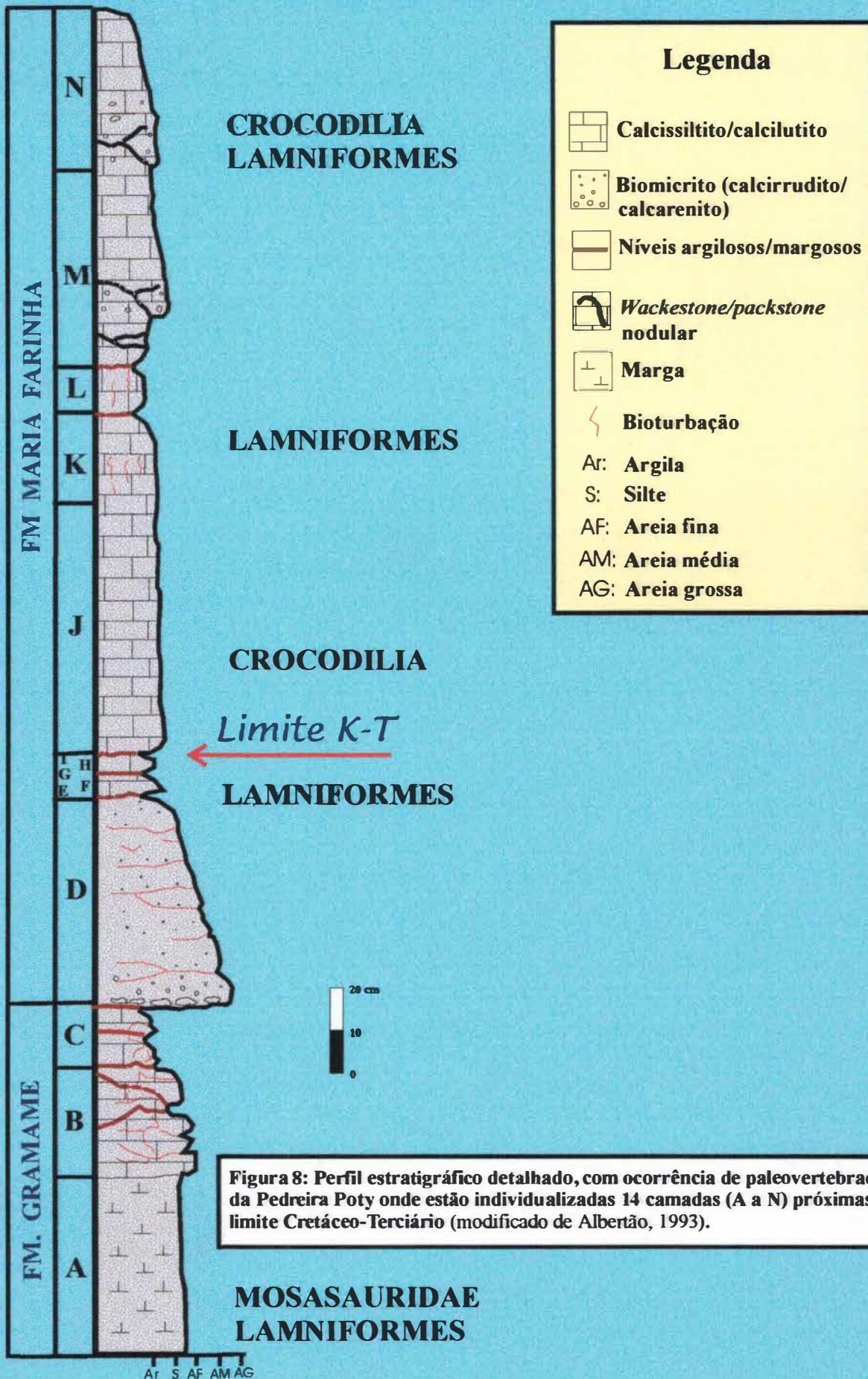


Figura 7: Perfil estratigráfico detalhado da Pedreira Poty, município de Paulista, PE. Legenda conforme figura 8 (modificado de Albertão, 1993).



Legenda

-  Calcissiltito/calculutito
-  Biomicrito (calcirrudito/calcarenito)
-  Níveis argilosos/margosos
-  Wackestone/packstone nodular
-  Marga
-  Bioturbação
- Ar: Argila
- S: Silte
- AF: Areia fina
- AM: Areia média
- AG: Areia grossa

Figura 8: Perfil estratigráfico detalhado, com ocorrência de paleovertebrados, da Pedreira Poty onde estão individualizadas 14 camadas (A a N) próximas ao limite Cretáceo-Terciário (modificado de Albertão, 1993).

**MOSASAURIDAE
LAMNIFORMES**

Ar S AF AM AG

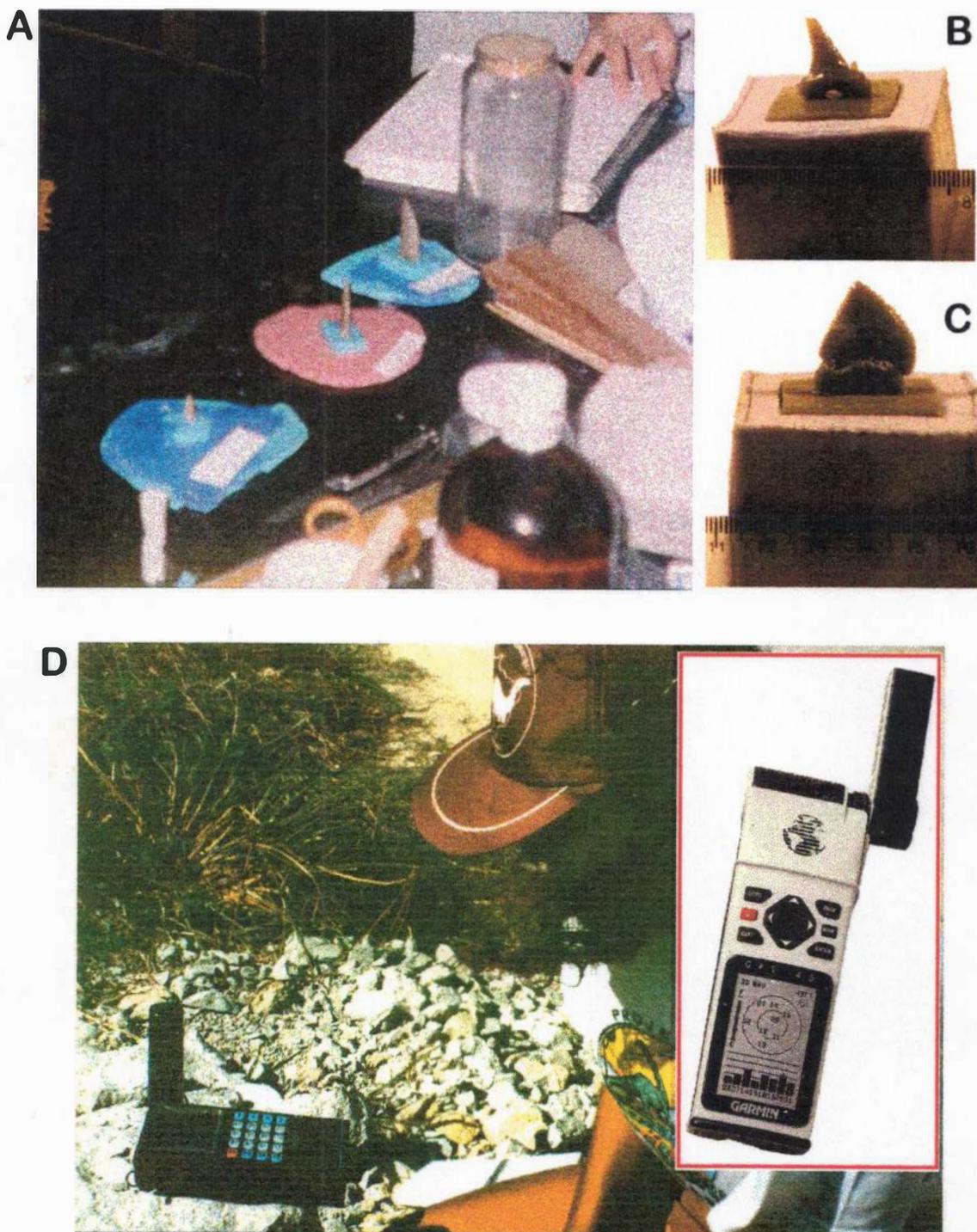


Figura 9: Metodologia de trabalho. A: Modelagem em laboratório; B/C: Moldes de dentes de elasmobrânquios da Formação Gramame/Bacia Pernambuco-Paraíba (B: *Odontaspis*/C: *Squalicorax*); D: Posicionamento geográfico através de GPS (no detalhe: GPS Garmin 45).

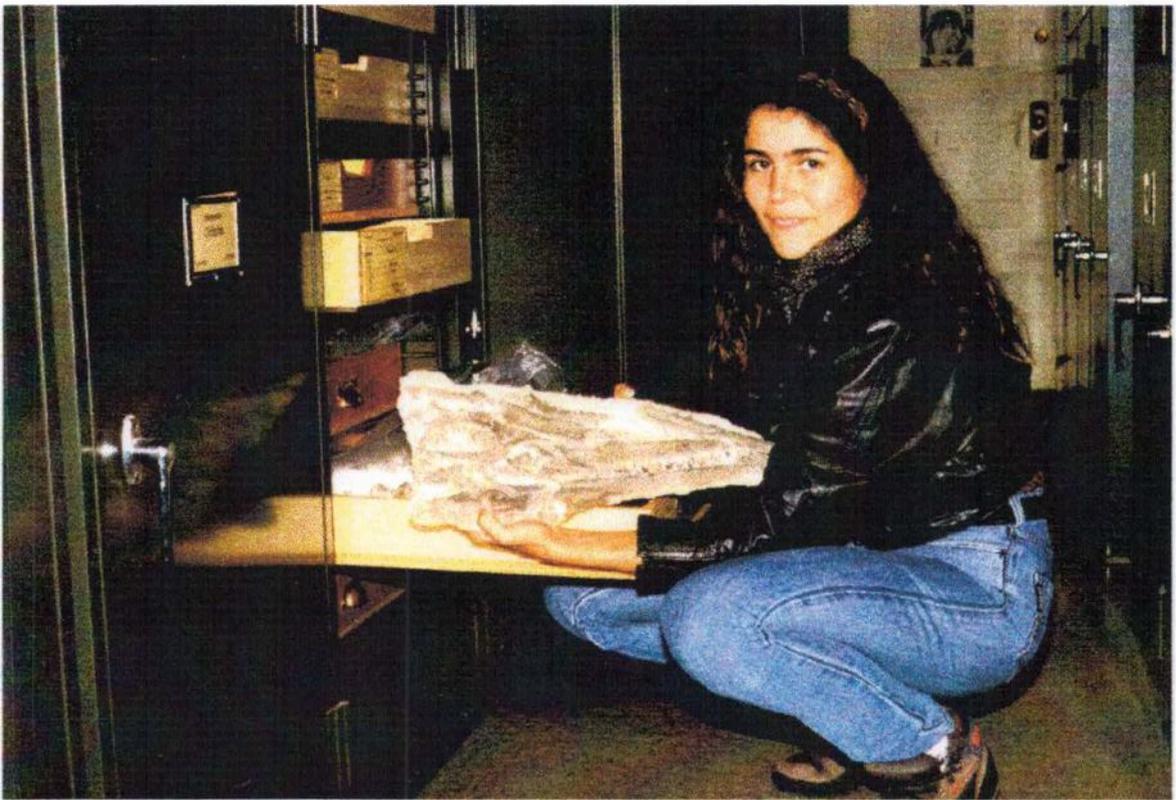
A**B**

Figura 10: Visita às coleções de paleovertebrados de instituições de pesquisa no exterior. A: *Carnegie Museum of Natural History (Pittsburgh, USA)* no detalhe: crânio de *Tylosaurus proriger* (CMNH 1537); B: *American Museum of Natural History (New York, USA)*.



Figura 11: Exemplos quase completos da família MOSASAURIDAE, em exposição no Carnegie Museum of Natural History (Pittsburgh, USA). A: *Clidastes* sp (CMNH 1190 e 1512); B: *Mosasaurus lemonnieri* (CMNH 8941).

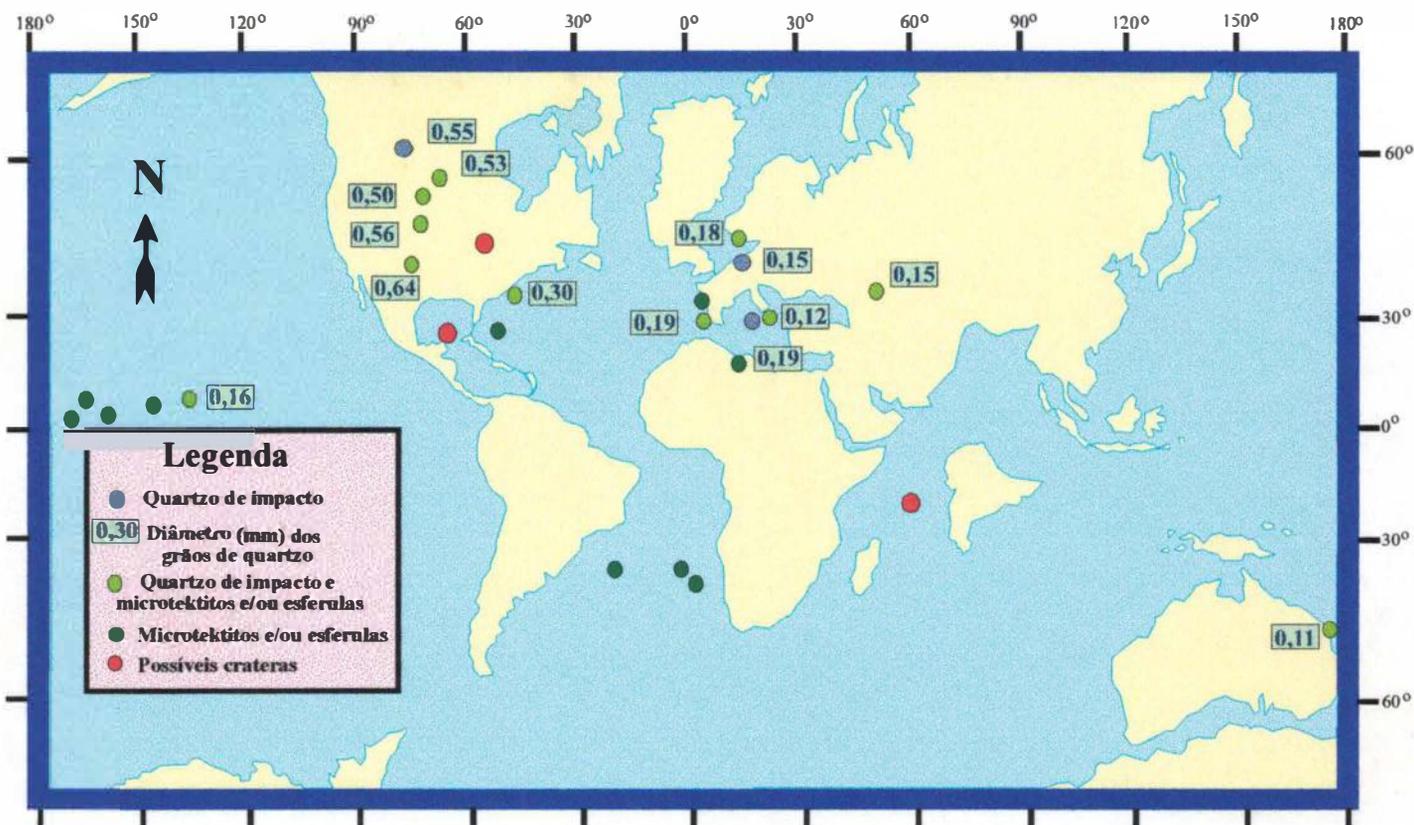


Figura 12: Mapa paleogeográfico do Eopaleoceno, com a distribuição de esferulas/tektitos e quartzo de impacto em algumas das localidades do limite K-T. Três possíveis crateras de impacto são também identificadas (modificado de Smit, 1990).

A



B



Figura 13: Afloramentos onde pode ser identificado o limite Cretáceo - Terciário (Limite K-T). A e B: Pedreira Poty (Paulista, PE).

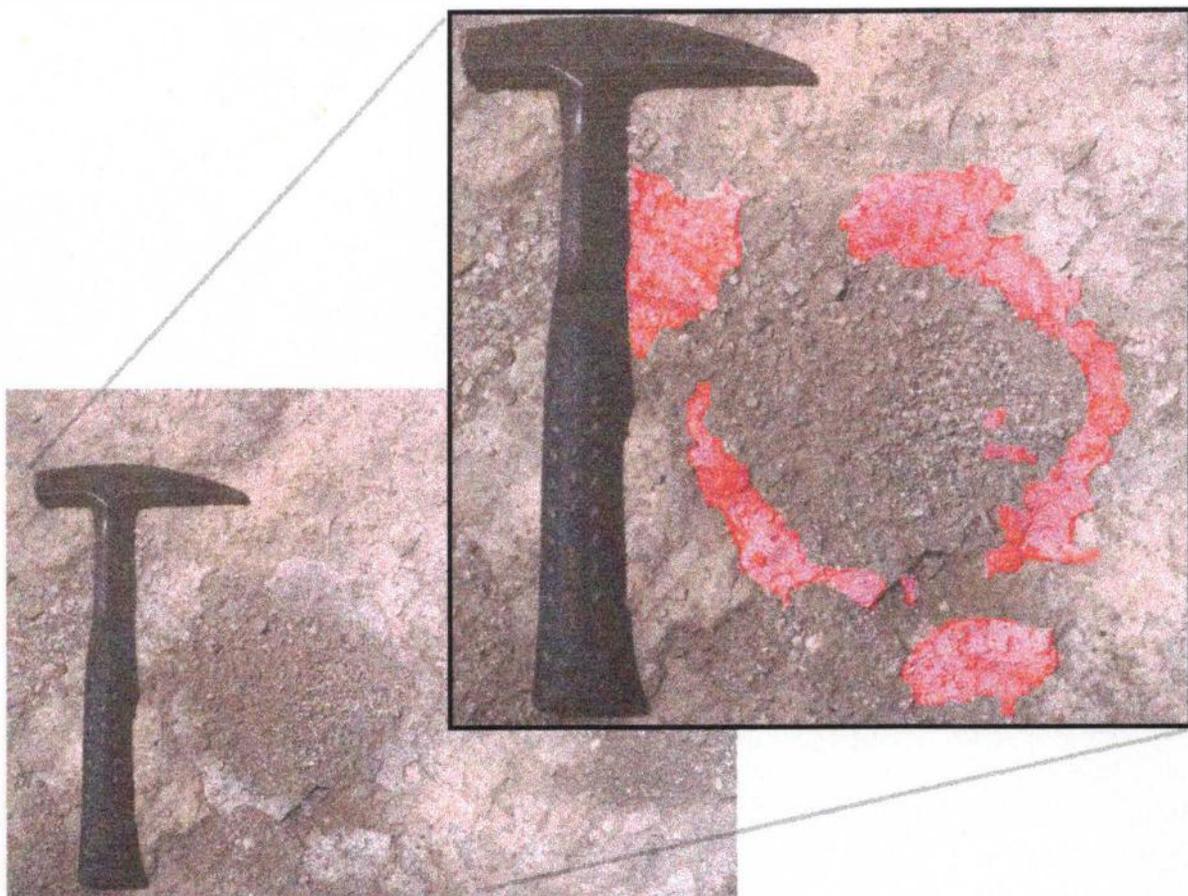


Figura 14: Representatividade física da camada estratigráfica com anomalia de Irídio na pedreira Poty, município de Paulista (PE). No detalhe, a camada está evidenciada ao microcomputador para melhor visualização.

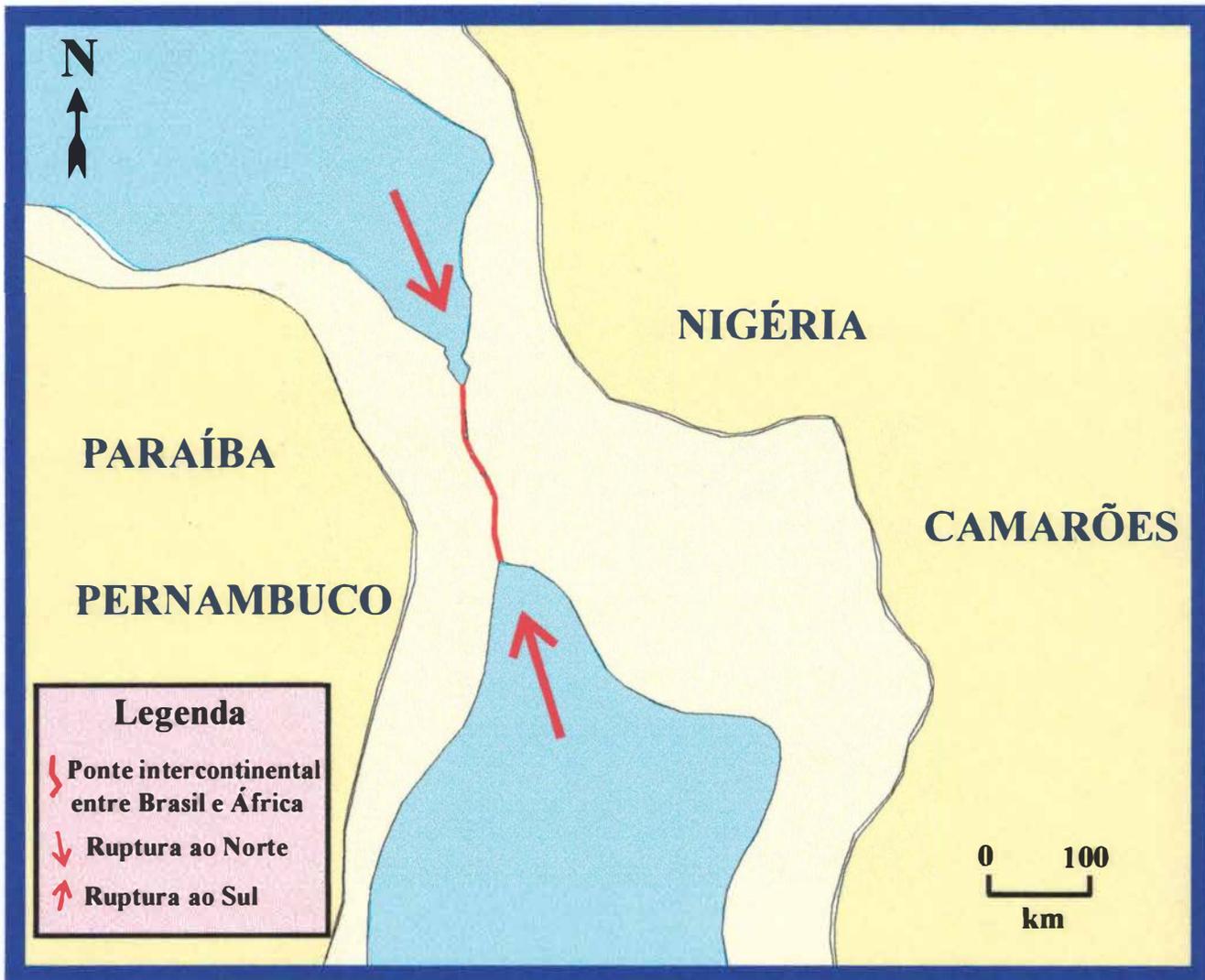


Figura 15: Posicionamento do Brasil e da África antes da ruptura da ponte intercontinental (modificado de Rand, 1978).

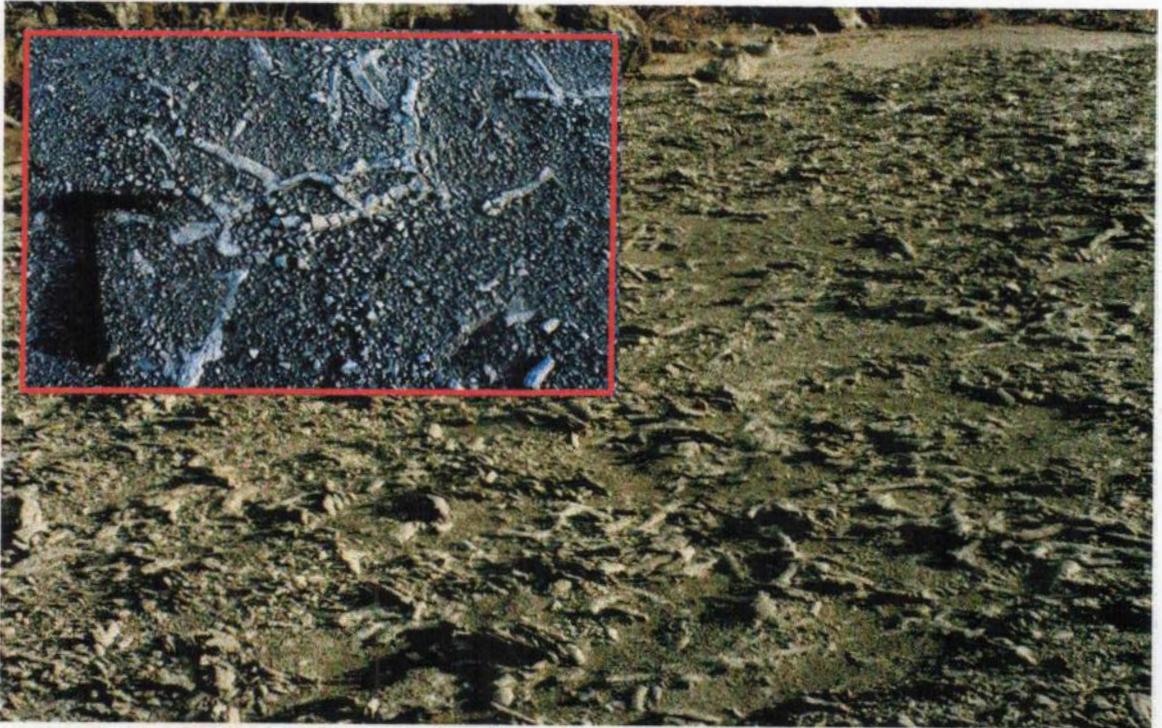
A**B**

Figura 16: Pedreira CIMEPAR (Conde, PB) A: Pavimento em nível intensamente bioturbado (no detalhe: *Thalassinoides*); B: Amonóide associado a nível margoso.

A



B

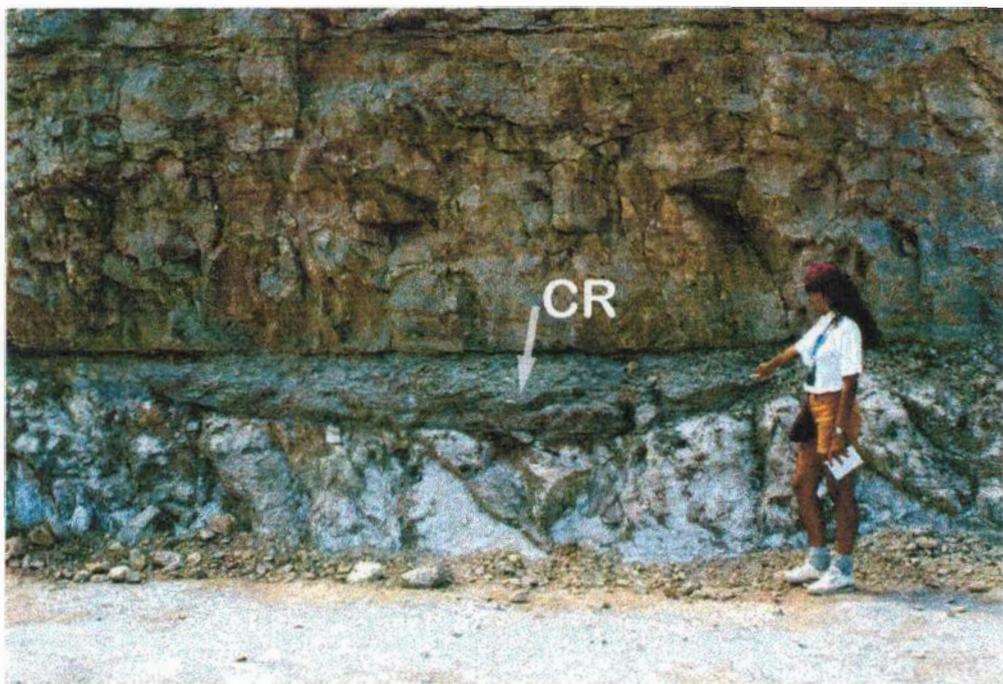


Figura 17: Afloramentos de rocha calcária na Bacia Pernambuco-Paraíba. A: Ponta do Funil (município de Goiana, PE); B: Pedreira CIPASA (município de Caaporã, PB). Abreviatura: CR: canal de retorno.

A

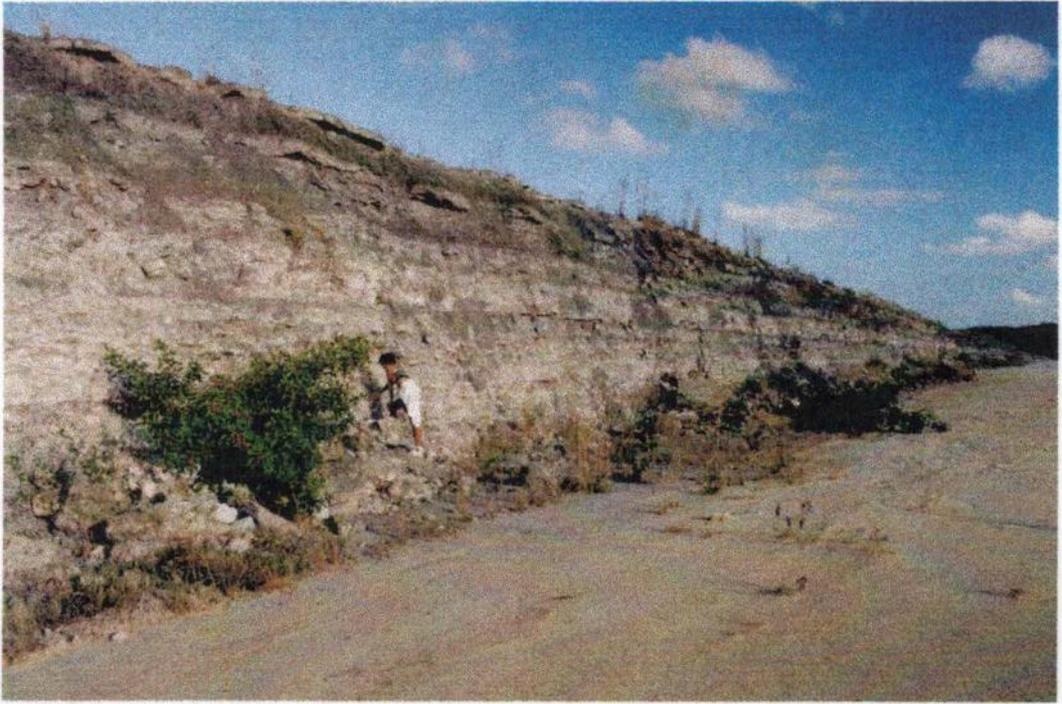


B



Figura 18: Afloramentos com ocorrência de fósseis de mosassauros.
A: Pedreira CIPASA (Caaporã, PB); B: Rejeito da fosforita (Cruz de Rebouças, PE).

A



B



Figura 19: Afloramentos de rocha calcária na pedreira Poty (município de Paulista, PE). A: Formação Maria Farinha; B: Formação Gramame.

A



B



Figura 20: Dragão de Komodo (*Varanus komodoensis*), representante atual do grupo dos mosassauros (superfamília Varanoidea). A: Detalhe da cabeça (foto: A.M.P.V.Santos); B: Em processo de alimentação (exposição do *American Museum of Natural History, New York, USA*).

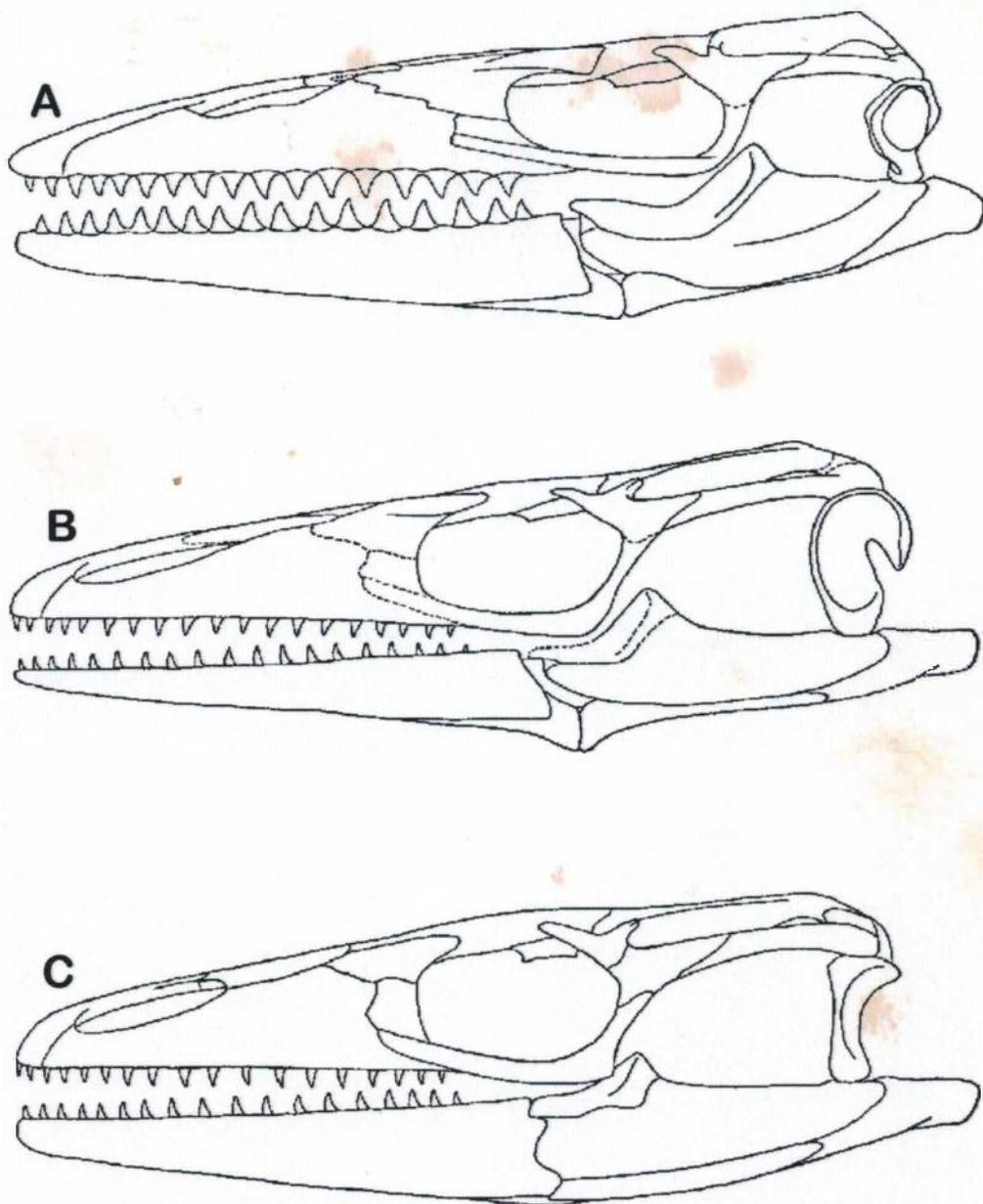


Figura 21: Esquema do crânio. A: Mosassauro. B: Aigialossauro. C: Crânio hipotético de um primitivo platinota. Sugerindo a evolução do crânio de mosassauro a partir do crânio varanóide primitivo (modificado de Russell, 1967).



Figura 22: Aparência geral dos fósseis de mosassauros, demonstrada pelo esqueleto de *Tylosaurus proriger* (AMNH 221).



Figura 23: Reconstituição de um mosassauro hipotético (segundo Czerkas & Czerkas, 1991).

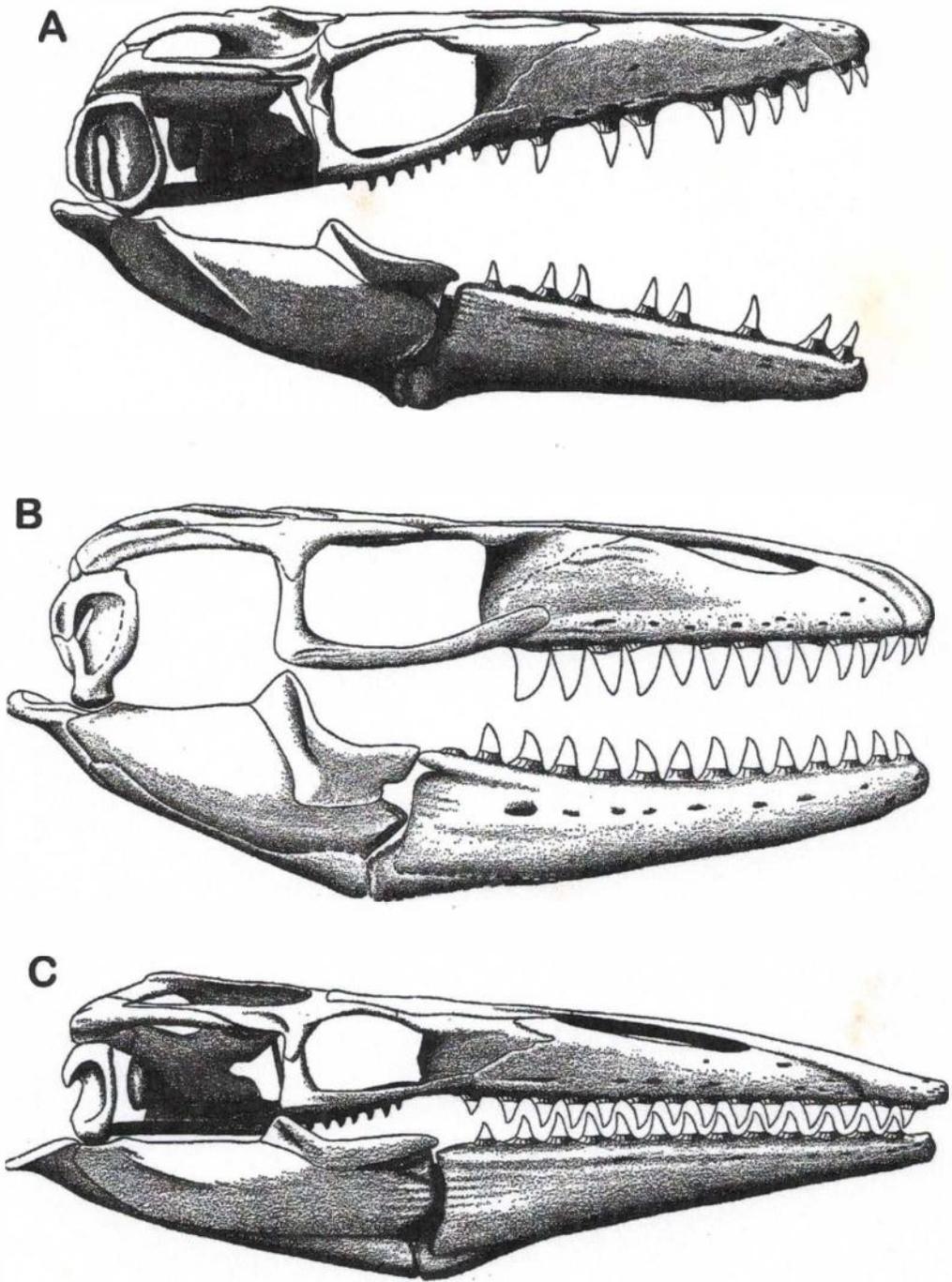


Figura 24: Vista lateral do crânio. A: *Platecarpus ictericus* (x 0,36). B: *Prognathodon overtoni* (x 0,13). C: *Tylosaurus nepaeolicus* (x 0,18) (modificado de Russell, 1967).

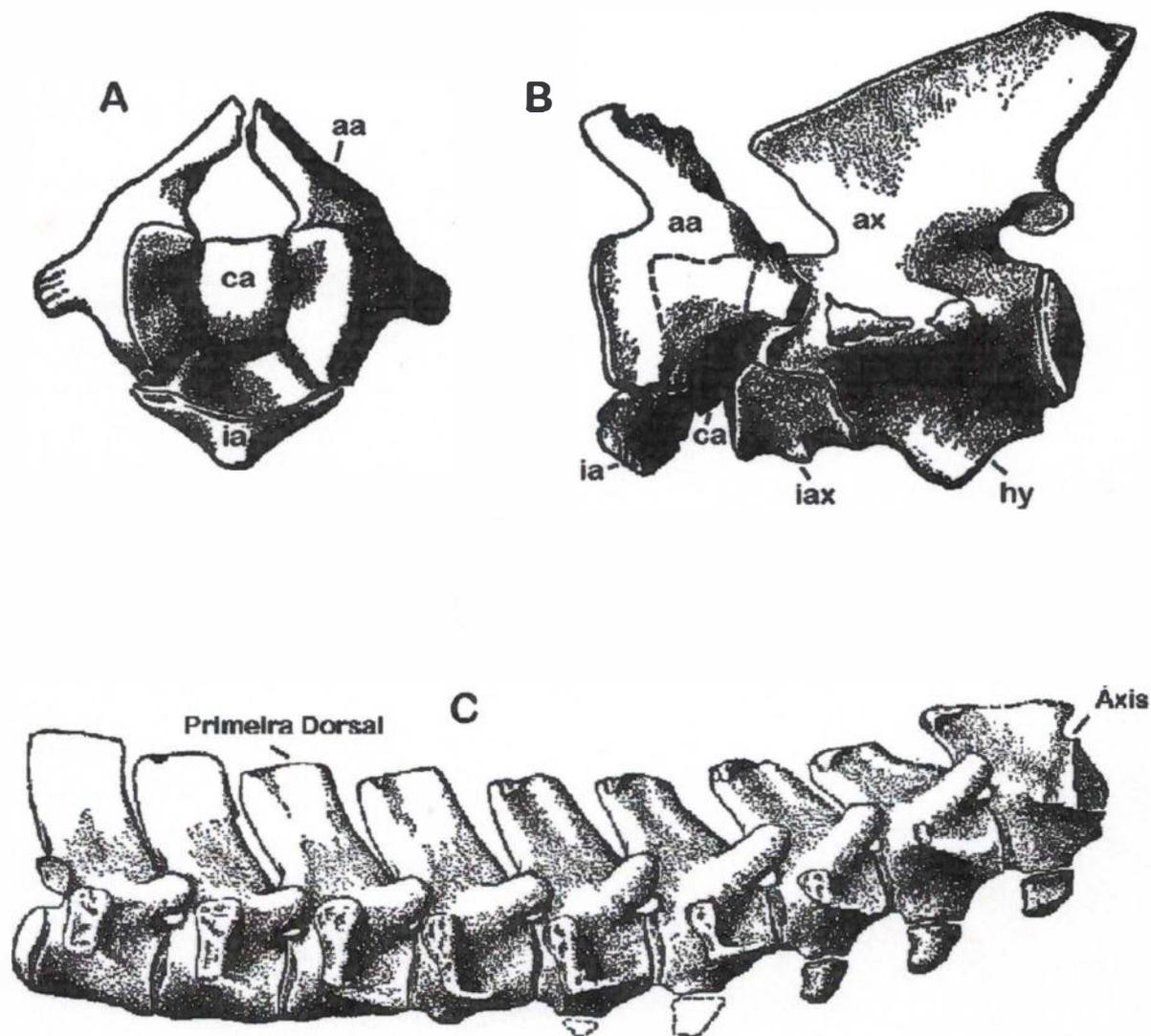


Figura 25: A: Vista anterior do atlas de *Clidastes liodontus* (x 0,85). B: Vista lateral do atlas-áxis de *Clidastes liodontus* (x 0,76). C: Porção anterior da coluna vertebral de *Platecarpus* (x 0,10). Abreviaturas: aa = arco neural do atlas; ax = áxis; ca = centro do atlas; hy = faceta para hipapófise da terceira vértebra cervical; ia = intercentro do atlas; iax = intercentro do áxis (modificado de Russell, 1967).

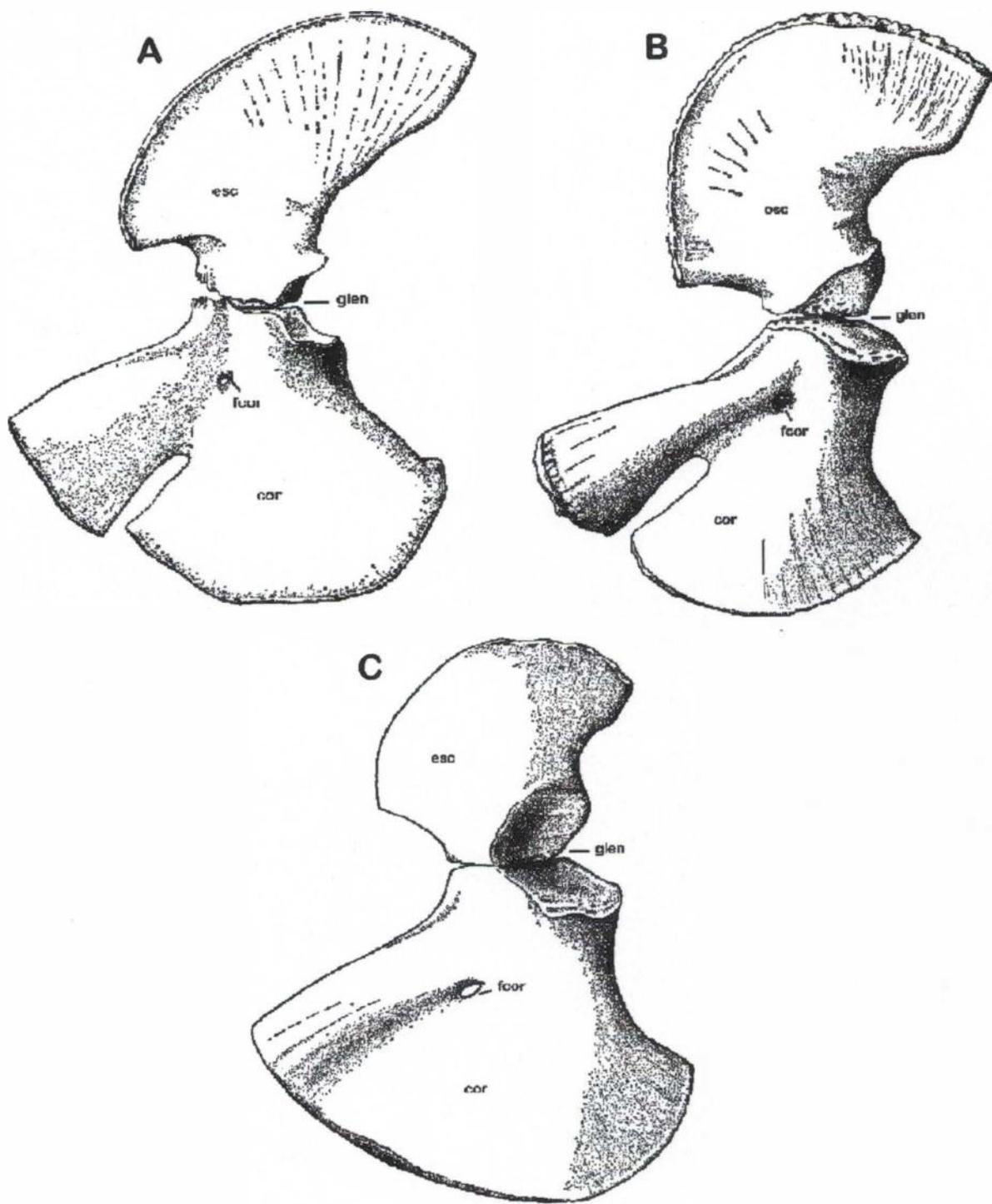


Figura 26: Escápula e coracóide. A: *Clidastes liodontus* (x 0,96). B: *Platecarpus* (x 0,33). C: *Tylosaurus* (x 0,30). Abreviaturas: cor = coracóide; esc = escápula; fcor = forâmen do coracóide; glen = fossa glenóide (modificado de Russell, 1967).

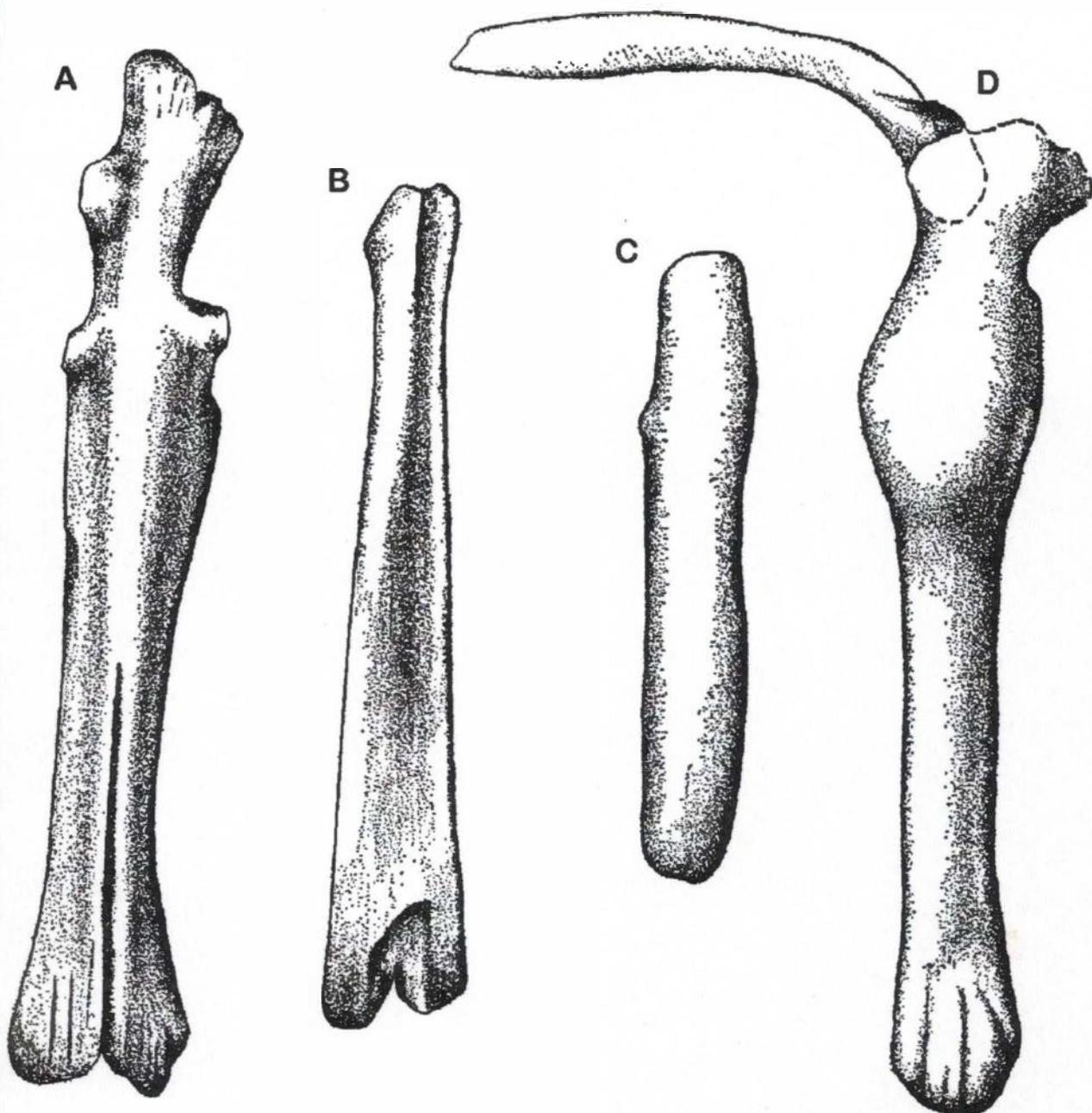


Figura 27: Vista ventral de interclavículas. A: *Mosasaurus conodon* (x 0,53). B: *Clidastes propython* (x 1,06). C: *Platecarpus* (x 0,45). D: *Plotosaurus tuckeri* (x 0,40) com clavícula direita (modificado de Russell, 1967).

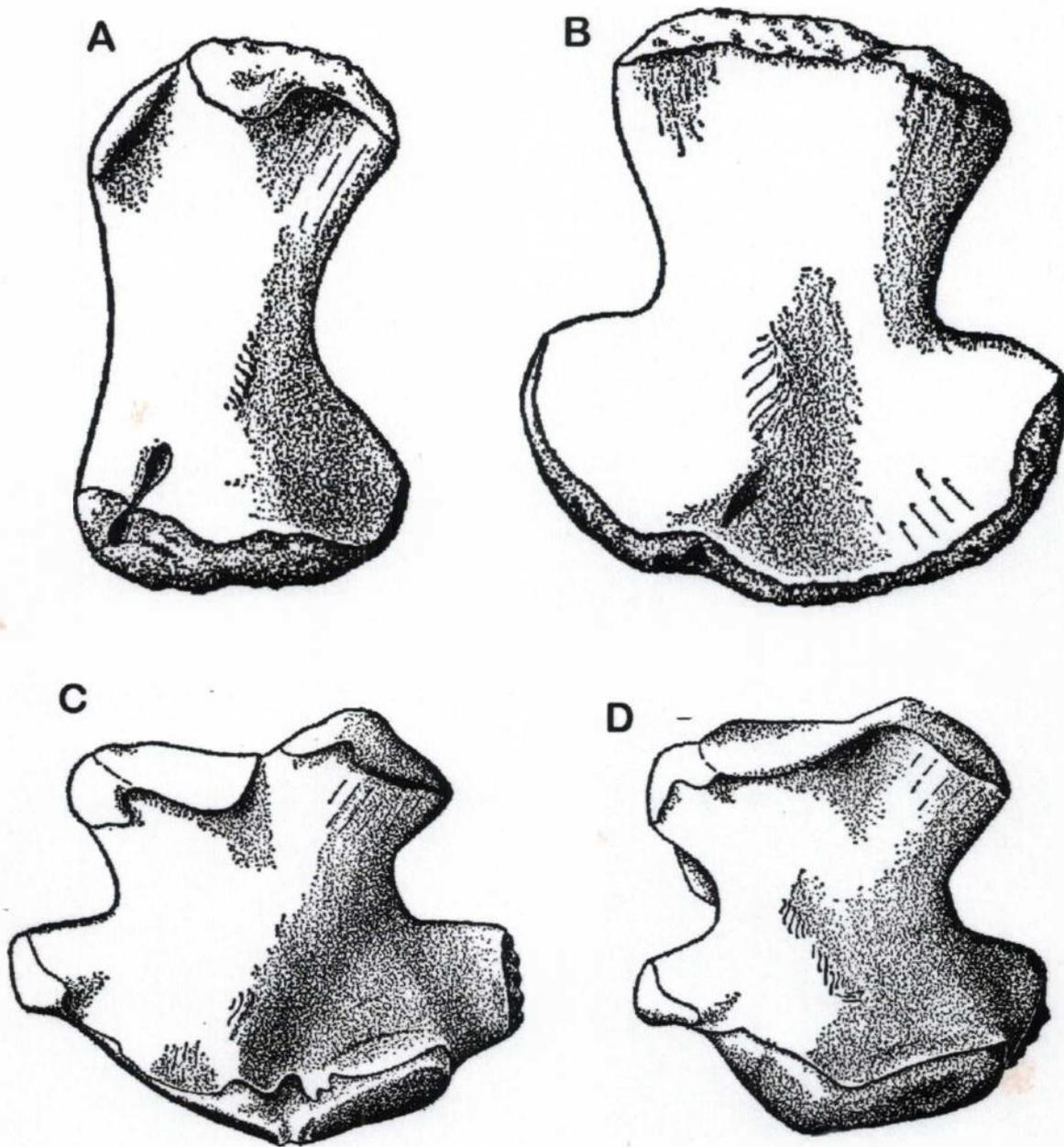


Figura 28: Face lateral (extensora) do úmero. A: *Tylosaurus proriger* (x 0,53). B: *Platecarpus* (x 1,06); C: *Mosasaurus conodon* (x 0,45); D: *Clidastes* (x 0,40) (modificado de Russell, 1967).

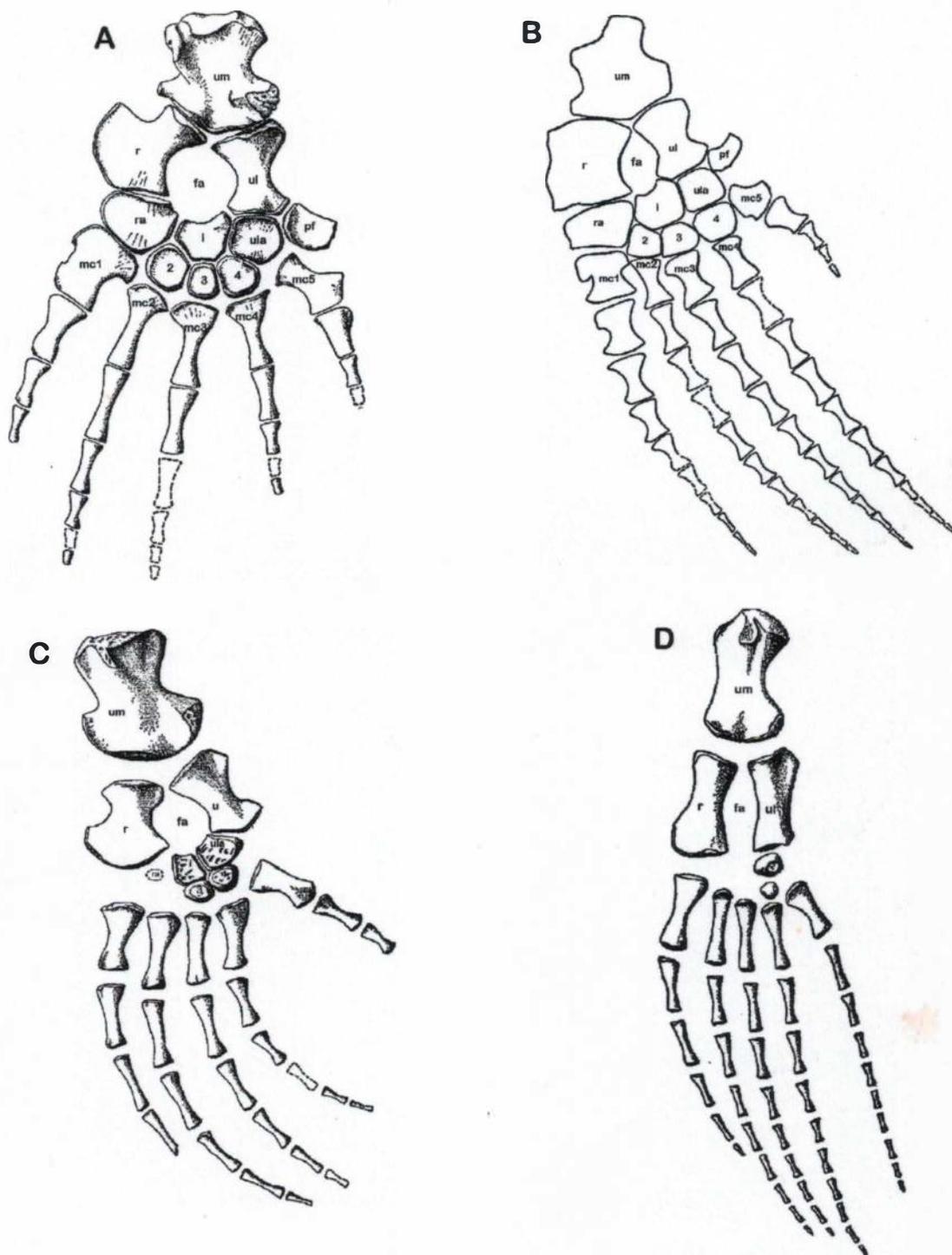


Figura 29: Membros anteriores. A: *Clidastes* (x 0,28). B: *Mosasaurus conodon* (x 0,08). C: *Platecarpus* (x 0,15). D: *Tylosaurus proriger* (x 0,12). Abreviaturas: 2-4 = carpais distais; fa = forâmen antebraquial; i = intermédio; mc = metacarpos; pf = pisiforme; r = rádio; ra = radial; ul = ulna; ula = ulnar; um = úmero (modificado de Russell, 1967).

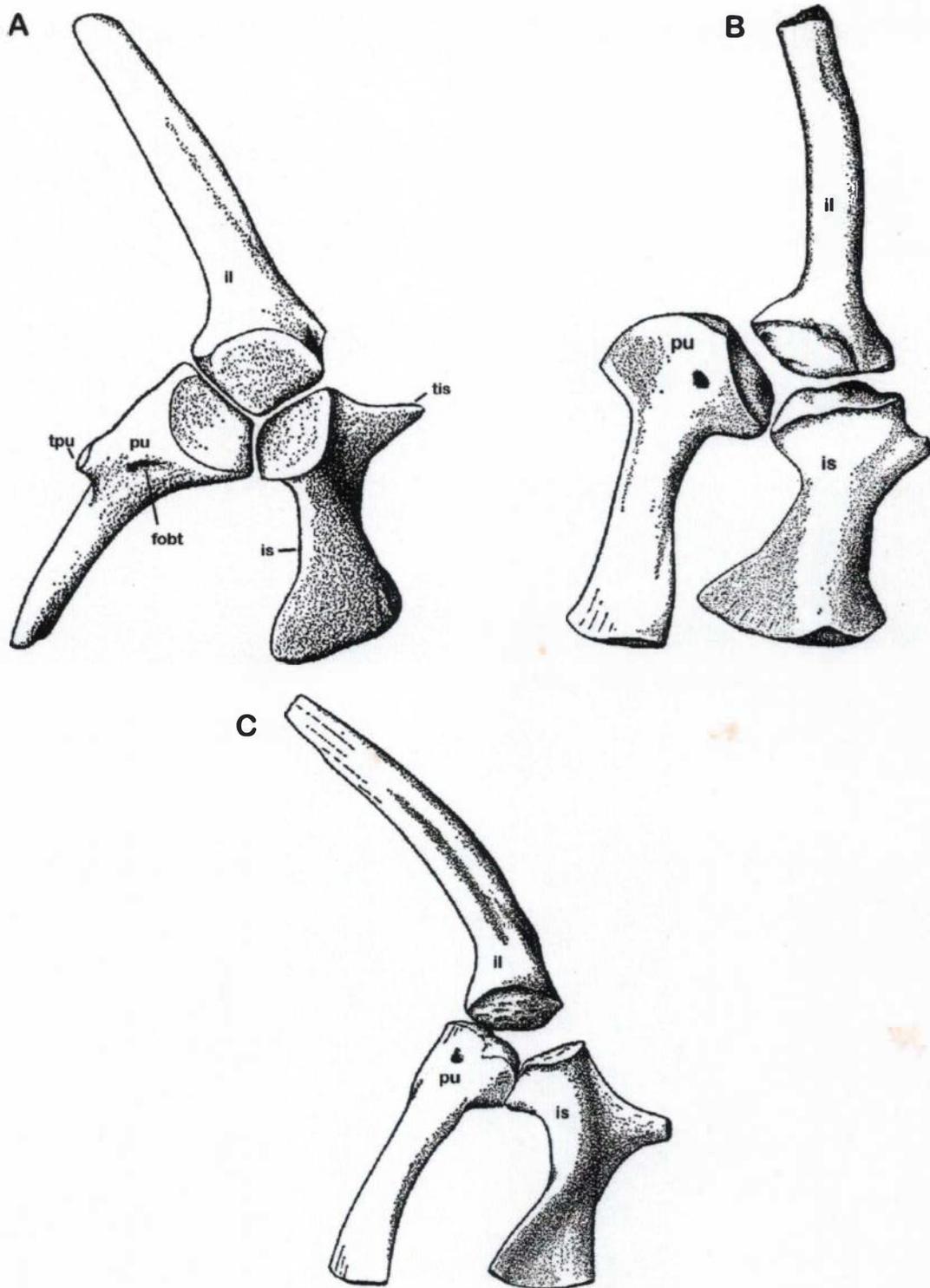


Figura 30: Cintura Pélvica. A: *Mosasaurus conodon* (x 0,33). B: *Platecarpus* (x 0,30). C: *Tylosaurus* (x 0,32). Abreviaturas: fobt = forâmen obturador; il = ílio; is = ísqiio; pu = púbis; tis = tubérculo do ísqiio; tpu = tubérculo do púbis (modificado de Russell, 1967).

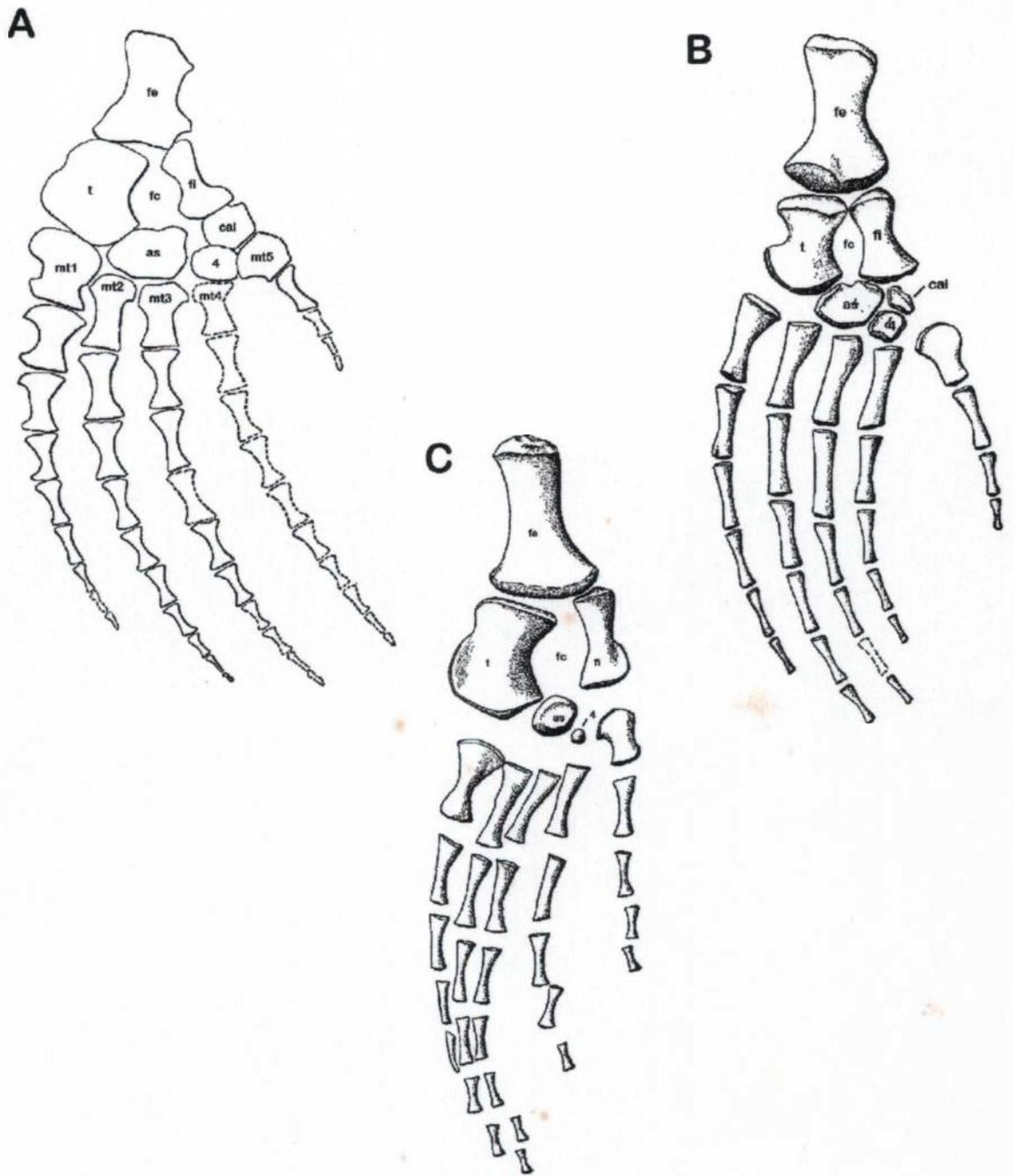


Figura 31: Membros posteriores. A: *Mosasaurus conodon* (x 0,15). B: *Platecarpus* (x 0,17). C: *Tylosaurus proriger* (x 0,12). Abreviaturas: 4 = quarto tarsal distal; as = astrágalo; cal = calcâneo; fc = forâm crural fe = fêmur; fi = fibula; mt = metatarso; t = tibia (modificado de Russell, 1967).



1 cm



1 cm

Figura 32: Face lingual do dentário de *Platecarpus coryphaeus* (DGM 266-R) mostrando padrão de substituição dentária. A: ramo direito; B: ramo esquerdo.

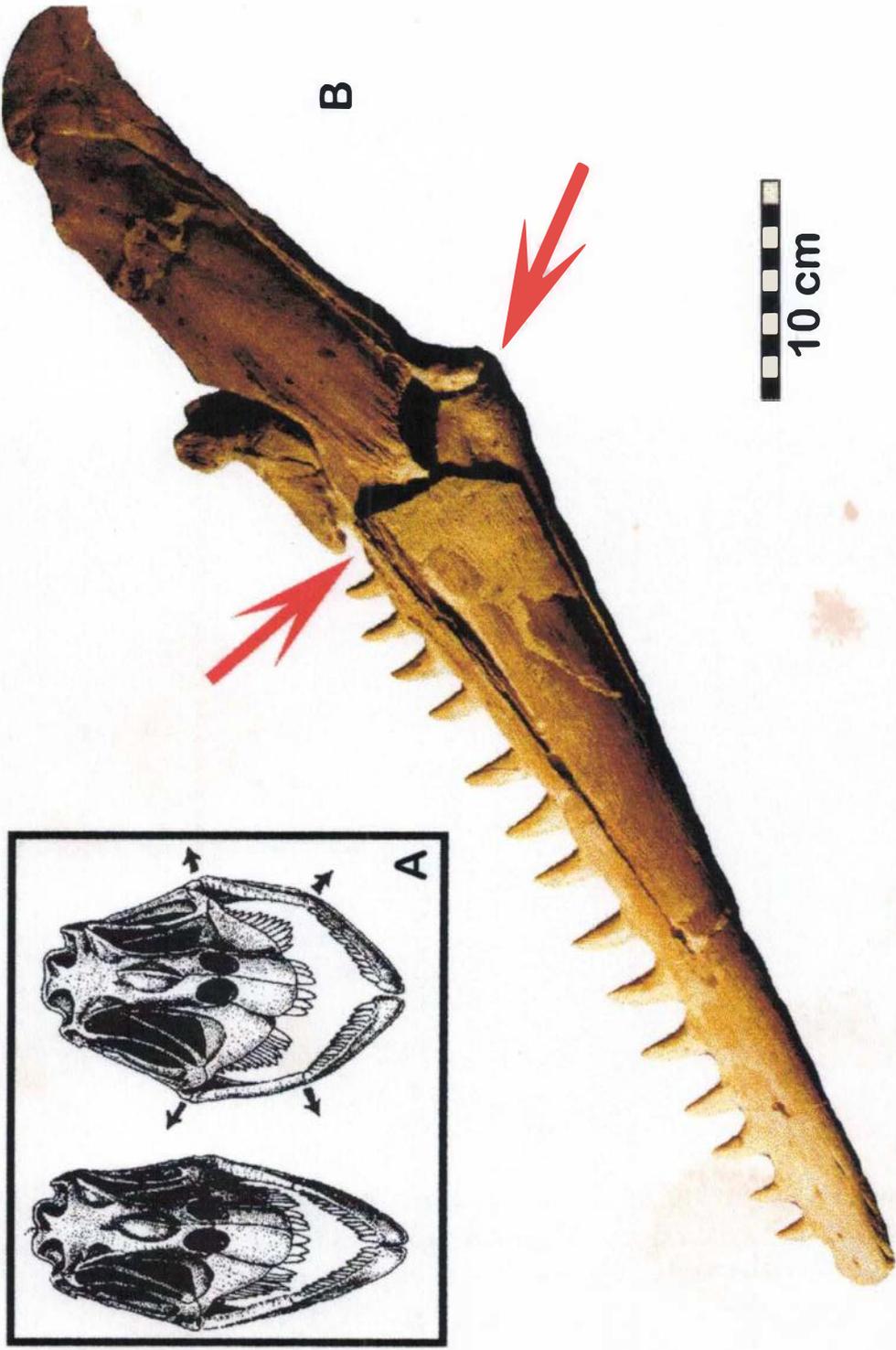


Figura 33: Cinetismo na mandíbula dos mosassauros. A: esquema da ação do cinetismo no crânio de *Ceratosauros* (um dinossauro) - segundo Bakker, 1986; B: Mandíbula de *Tylosaurus nepaeolicus* (AMNH 134). As setas indicam os pontos de mobilidade na mandíbula.

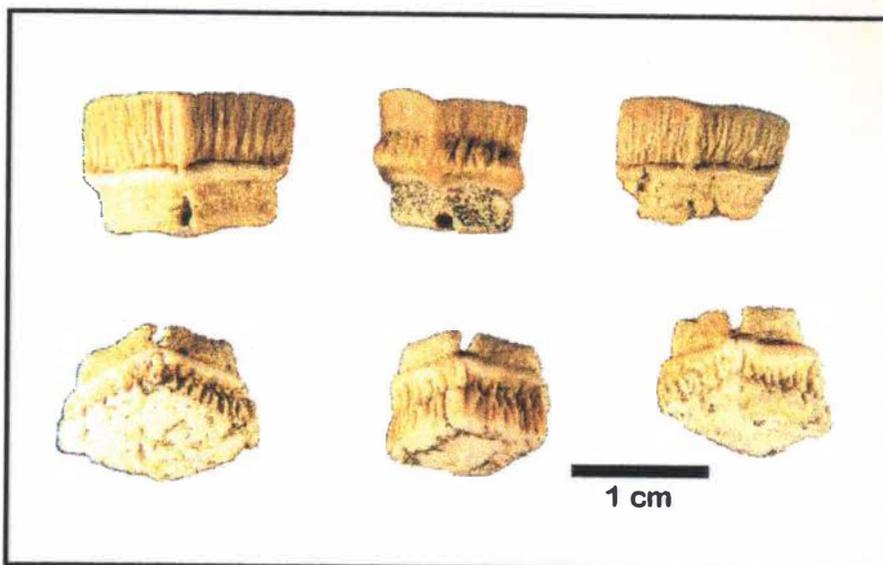
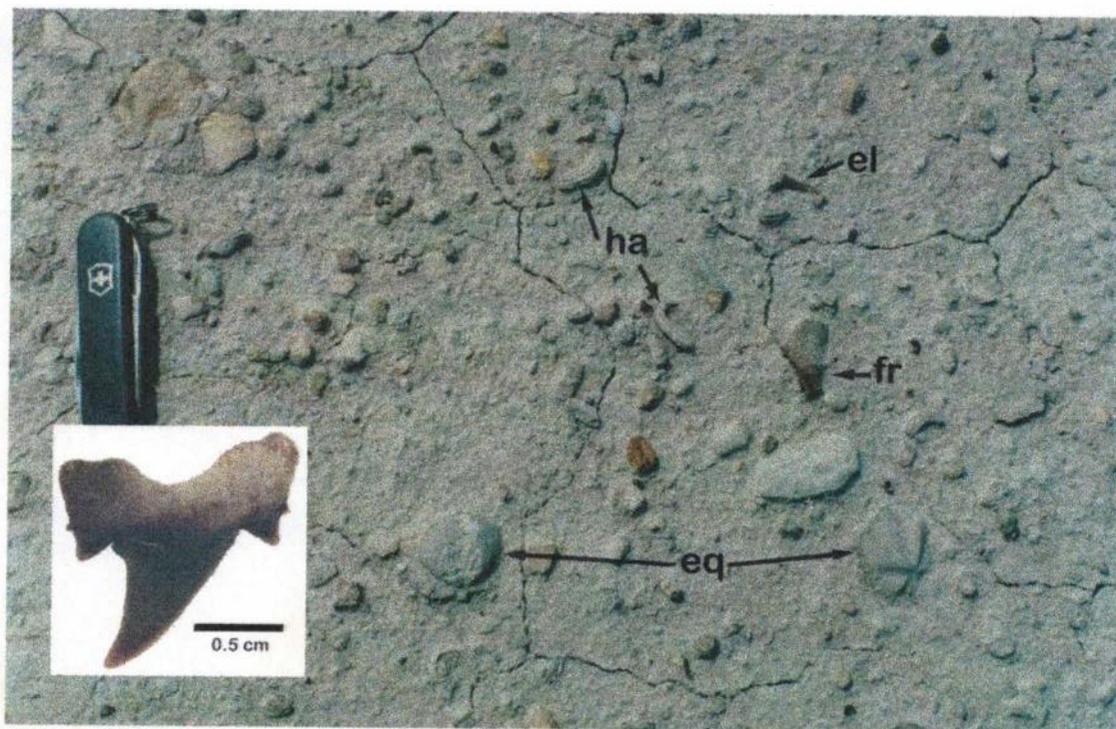
A**B**

Figura 34: Exemplos da paleofauna associada aos mosassauros na Formação Gramame. A: dentes de *Rhombodus* (rejeito da fosforita, Cruz de Rebouças, PE); B: Nível fossilífero na Pedreira Poty, próximo ao limite K-T. Abreviaturas: el: dente de elasmobrânquio; eq: equinóides (*Hemiaster*); fr: fragmento ósseo; ha: tubos de vermes (*Hamulus*) - no detalhe: dente de tubarão Lamniforme (*Cretolamna*).

ESTAMPAS

ESTAMPA I

A: DGM 467-R *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

B: MN 4577-V Tribo Prognathodontini, Subfamília Plioplatecarpinae

C: MN 4578-V Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

D: MN 4585-V Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

E: DGM 468-R *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

F: MN 4574-V Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

G: DGM 470-R *Mosasaurus leiodon cf. anceps* (Owen, 1851), Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

H: DGM 488-R Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

I: MN 4584-V Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

J: DGM 456-R Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

L: DGM 489-R *Mosasaurus beaugei* Arambourg, 1952, Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

M: DGM 454-R *Mosasaurus leiodon cf. anceps* (Owen, 1851), Tribo Mosasaurini, Subfamília Mosasaurinae

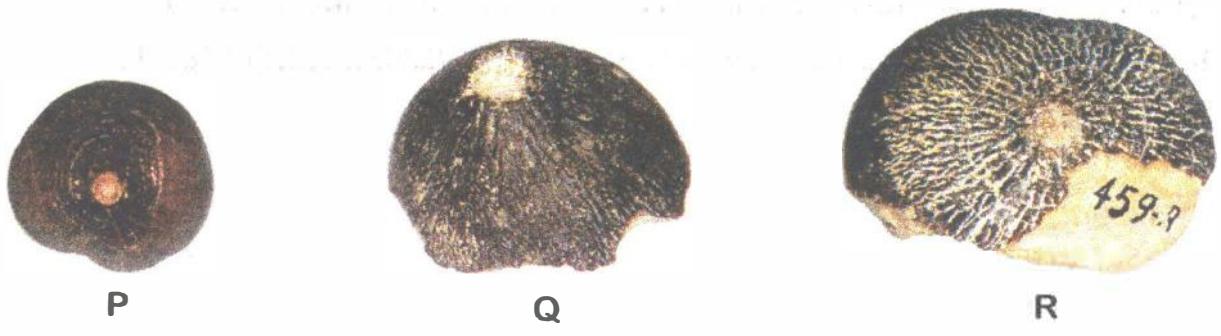
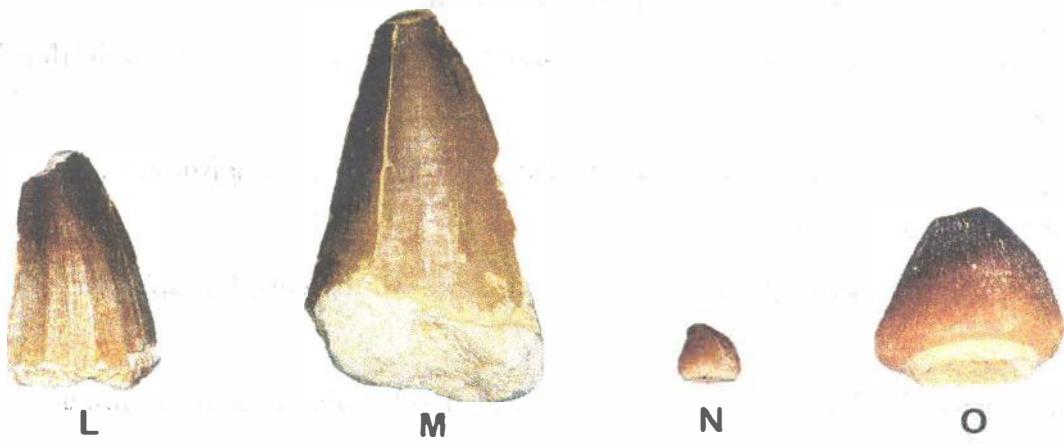
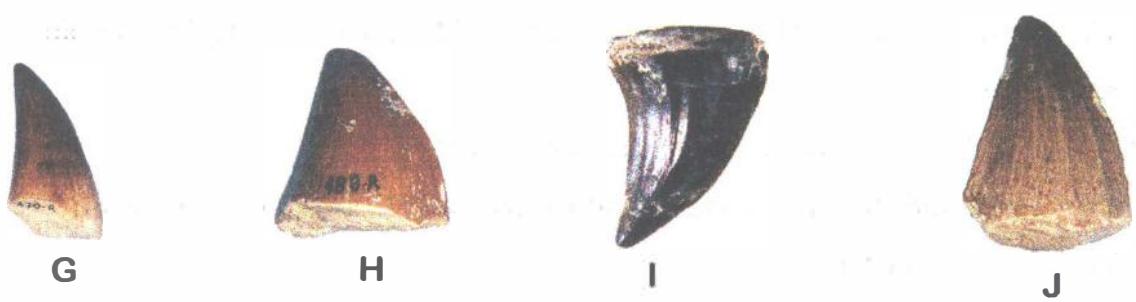
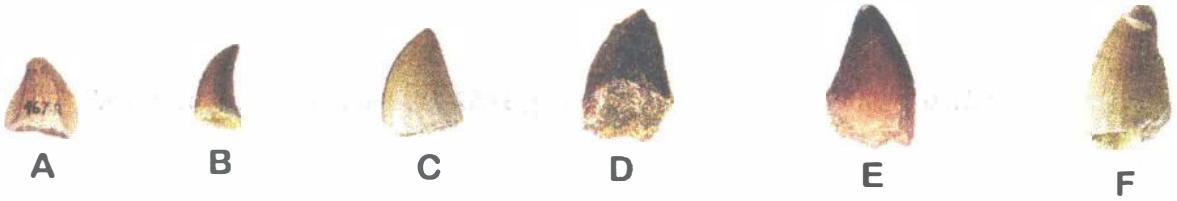
N: DGM 462-R *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae

O: DGM 461-R *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae

P: DGM 484-R *Globidens* sp., Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae

Q: DGM 460-R *Globidens* sp., Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae

R: DGM 459-R *Globidens cf. fraasi* Dollo, 1913, Tribo Globidensini, Subfamília Mosasaurinae



ESTAMPA I

1 cm

ESTAMPA II

Vértebras de indivíduo da Família MOSASAURIDAE

A: DGM 344-R Vista lateral direita.

B: DGM 344-R Vista lateral esquerda.

C: DGM 345-R Vista lateral direita.

D: DGM 345-R Vista lateral esquerda.



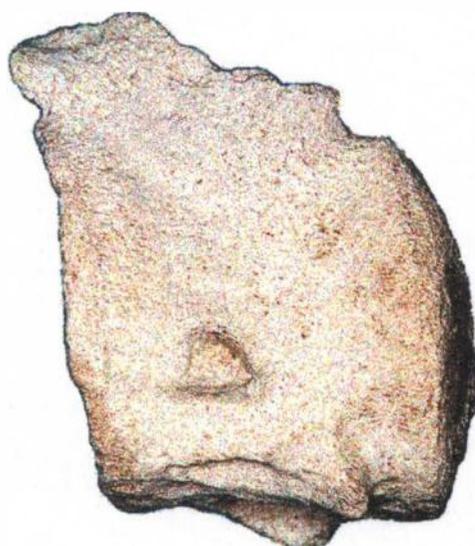
A



B



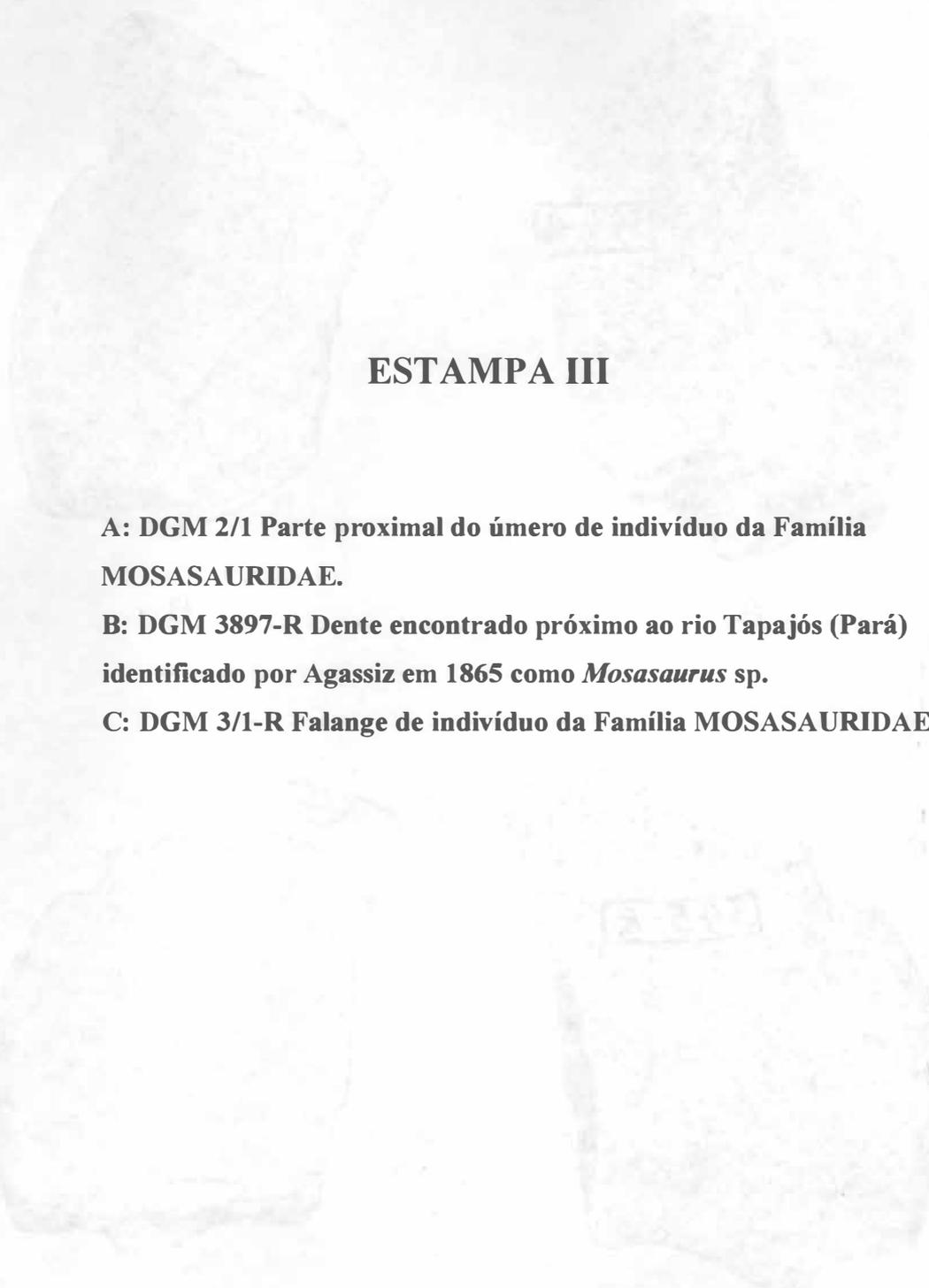
C



D

1 cm

ESTAMPA II



ESTAMPA III

A: DGM 2/1 Parte proximal do úmero de indivíduo da Família MOSASAURIDAE.

B: DGM 3897-R Dente encontrado próximo ao rio Tapajós (Pará) identificado por Agassiz em 1865 como *Mosasaurus* sp.

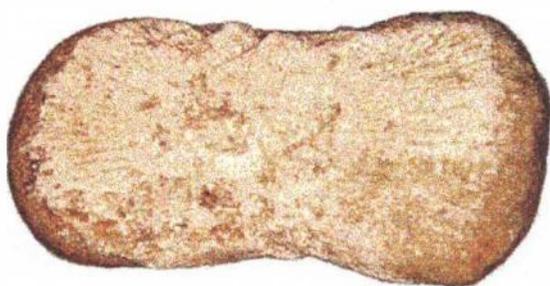
C: DGM 3/1-R Falange de indivíduo da Família MOSASAURIDAE



A



B



C

1 cm

ESTAMPA III