

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

José Augusto Costa de Almeida

**ICNOFÓSSEIS DE MACROBIOEROSÃO NA
BACIA DA PARAÍBA (CRETÁCEO
SUPERIOR – PALEÓGENO), NORDESTE
DO BRASIL**

Tese de Doutorado

2007



JOSÉ AUGUSTO COSTA DE ALMEIDA
Geólogo, Universidade Federal de Pernambuco, 1989
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, 2000

ICNOFÓSSEIS DE MACROBIOEROSÃO NA BACIA DA PARAÍBA (CRETÁCEO
SUPERIOR – PALEÓGENO), NORDESTE DO BRASIL

Tese apresentada à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Profa. Dra. Alcina Magnólia Franca Barreto (Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco) e co-orientada pela Dra. Ana Santos (*Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva*), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental.

Recife – PE

2007

A447i

Almeida, José Augusto Costa de

Ícnofósseis de macrobioerosão na Bacia da Paraíba (Cretáceo Superior – Paleógeno), nordeste do Brasil / José Augusto Costa de Almeida. – Recife: O Autor, 2007.

216 f.; il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2007.

Inclui Referências Bibliográficas e Anexos.

1. Geociências. 2. Ícnofósseis de Macrobioerosão. 3. Tafofácies, Ícnofácies e Paleoambientes na Bacia da Paraíba. 4. Formação Itamaracá. 5. Formação Maria Farinha. 6. Identificação de Ícnogêneros de Macrobioerosão. 7. Cretáceo-Paleógeno no NE do Brasil. I. Título.

551 CDD (22.ed.)

**UFPE
BCTG/2008-095**

**ICNOFÓSSEIS DE MACROBIOEROSÃO NA BACIA DA PARAÍBA
(CRETÁCEO SUPERIOR – PALEÓGENO), NORDESTE DO BRASIL**

José Augusto Costa de Almeida

Aprovado:

alcina magnolia Franca Barreto 28/09/07
Prof. Dra. Alcina Magnólia Franca Barreto (orientadora) data

Antônio Carlos Sequeira Fernandes 28/09/07
Prof. Dr. Antônio Carlos Sequeira Fernandes data

Kenitiro Suguio 28/09/07
Prof. Dr. Kenitiro Suguio data

Lúcia Maria Mafra Valença 28/09/07
Prof. Dra. Lúcia Maria Mafra Valença data

Gelson Luís Fambrini 28/09/07
Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini data

À memória do amigo e colega de departamento Jomário da Fonseca Lins, que iniciou sua jornada de doutorado ao mesmo tempo, mas logo se perdeu nas fimbrias do infinito.

*Os sonhos são o gênero; o pesadelo, a espécie.
Falarei primeiro dos sonhos, depois, dos pesadelos.*

Jorge Luis Borges

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Geraldo da Costa Barros Muniz, meu orientador enquanto estudante de Geologia, co-orientador durante o mestrado, com quem iniciei a instigante jornada ao mundo das estruturas de bioerosão e publiquei os primeiros artigos brasileiros sobre táxons de bioerosão.

Dr. Radek Mikuláš, do Instituto de Geologia da Academia de Ciências da República Checa, pelos atendimentos sempre rápidos e gentis aos meus pedidos de separatas de artigos.

Ao Dr. Gero Hillmer, do Instituto e Museu Geológico e Paleontológico da Universidade de Hamburgo, na Alemanha pelo envio de artigos e figuras.

Dra. Rosa Domènech, do Departamento de Estratigrafia, Paleontologia e Geociências da Universidade de Barcelona pelo envio de artigos e incentivo.

Ao amigo Flauberto Queirós, que gentilmente copiou raros e antigos artigos na Biblioteca da Universidade Humbolt, em Berlim.

Aos amigos Gabriela Pícoli, Luciano Zanetti e Jean César de Farias Queirós pelo envio de cópias de artigos.

Ao colega Williams Guimarães pelos suportes variados em informática.

Ao colega Dr. Wolf Dietrich Herckendorff pelas minuciosas traduções do alemão para o português.

À amiga Ana Cristina Cardoso pelas sugestões e traduções do francês para o português.

Aos colegas do Laboratório de Paleontologia: Felipe Cruz, Geraldo Moura, Rosembergh Alves, Ricardo Lobo Nascimento, David Holanda, Janaina Santos, Márcia Cristina da Silva e Fabiana Marinho pelas colaborações variadas em vários momentos da elaboração desta tese.

À Dra. Ana Alexandra Guerreiro dos Santos, do Departamento de Geodinâmica e Paleontologia da Universidade de Huelva, por ter aceitado a co-orientação numa etapa já avançada do trabalho e pelas valiosas contribuições.

A minha orientadora Dra. Alcina Magnólia Franca Barreto, antes de tudo por ter aceitado o grande desafio de orientar uma tese sem que fosse seu domínio específico e mesmo assim estar presente durante toda a evolução do trabalho com valiosas sugestões e grande incentivo.

APRESENTAÇÃO

A presente tese complementa as metas para a obtenção do grau de Doutor em Geociências, Área de Concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

Todas as etapas do curso, da pesquisa e da redação da tese foram subsidiadas por uma bolsa de doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, através da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba.

O Capítulo I apresenta uma introdução geral e antecedentes ao tema proposto, desde o espectro geral da Paleoicnologia ao estudo de estruturas de macrobioerosão no Brasil e na Bacia da Paraíba. Em seguida apresenta-se a justificativa, objetivos, métodos e materiais da pesquisa.

No Capítulo II descreve-se a localização geográfica e os aspectos geológicos da Bacia da Paraíba e suas unidades.

O Capítulo III exhibe um panorama sobre Paleoicnologia e macrobioerosão, dos conceitos gerais aos agentes macrobioerosivos, terminando com as classificações aplicáveis a esta categoria de icnofósseis e suas aplicações.

No Capítulo IV desenvolve-se o principal fundamento desta tese, o tratamento taxonômico do acervo paleoicnológico selecionado, com sinonímias, diagnoses, descrições baseadas nos icnoespécimes da bacia, discussões, distribuições cronoestratigráficas e indicações de organismos geradores das estruturas.

Nos capítulos subseqüentes desenvolve-se a aplicação do acervo macrobioerosivo para a inferência de icnoassembléias, icnoassociações, icnofácies e ambientes deposicionais.

Como subproduto da tese e, recíproca e simultaneamente, suporte norteador do tratamento taxonômico, apresenta-se como anexo, a primeira proposição de chave de identificação ilustrada de icnogêneros de macrobioerosão. Com esta chave, pretende-se gerar interesse acerca destes icnofósseis, orientar identificações e apontar referências para investigações mais aprofundadas.

RESUMO

O acervo de icnofósseis de macrobioerosão observado na Bacia da Paraíba concentra-se especialmente nos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá (antigos arenitos calcíferos da base da Formação Gramame); alguns níveis de calcários argilosos da Formação Maria Farinha e também calcários recifais da Formação Maria Farinha nas localidades de Praia de Jaguaribe e Formação Maria Farinha superior em Tambaba e Carapíbús, no Estado da Paraíba.

A Bacia da Paraíba encerra grande diversidade de icnofósseis de macrobioerosão. Aqui estão descritos e/ou figurados 36 icnotáxons, sendo 33 atribuídos a 13 icnogêneros, um tratado como morfotipo não conhecido e dois como Problemática: *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley, *Leptichnus* isp., *Renichnus* isp., *Rogerella elliptica* (Codez), *Rogerella pattei* (Saint-Seine), *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley, *Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley, *Trypanites fimbriatus* (Stephenson), *Vermiforichnus* isp., *Lapispecus* isp., *Conchotrema canna* (Price), *Caulostrepsis taenicola* Clarke, *Caulostrepsis cretacea* (Voigt), *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro, *Maeandropolydora sulcans* Voigt, *Maeandropolydora* isp., *Cunctichnus* isp., *Entobia cretacea* Portlock, *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro, *Entobia megastoma* (Fisher), *Entobia paradoxa* (Fisher), *Entobia gonioides* Bromley & Asgaard, *Entobia volzi* Bromley & D'Alessandro, *Entobia glomerata* (Morris), *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, *Entobia magna* Bromley & D'Alessandro, *Entobia* isp. A, *Entobia* isp. B, *Entobia* isp. C, Morfotipo A, *Oichnus simplex* Bromley, *Oichnus* isp., *Problematica* 1 e *Problematica* 2.

São sugeridas algumas revisões taxonômicas, especialmente nos icnogêneros *Vermiforichnus* e *Rogerella* e abandono de termos de fósseis corporais, como *Simonizapfes*, *Zapfella*, *Brachyzapfes*, *Spathipora* e *Penetrantia*. O icnogênero *Cunctichnus* é retomado e tem sua distribuição estendida ao Eoceno inferior. *Vermiforichnus* também deve ter sua distribuição ampliada ao Paleoceno.

Caulostrepsis e *Entobia* revelaram fenômenos de aproveitamento de galerias, resultando em formas xenomórficas. *Entobia* é o icnogênero mais abundante e diversificado,

com grande variabilidade. As formas *Problematica* merecem estudos específicos e análises de suas relações com os substratos conchíferos.

As tafocenoses estão ligadas aos bioclastos ou substratos líticos ou bioconstruídos. Nos bioclastos ocorrem *Leptichnus*, *Renichnus*, *Rogerella*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*, *Vermiforichnus*, *Lapispecus*, *Conchotrema*, *Cunctichnus* e *Entobia*, enquanto que nos substratos rochosos *Gastrochaenolithes* e *Trypanites*.

As icnoassembléias são dominadas por suspensívoros do grupo etológico *Domicnia*, representando especialmente as icnofácies *Entobia* (para as colonizações em bioclastos) e *Trypanites* para as colonizações do arenito calcífero.

Os arenitos calcíferos foram relacionados a um ambiente litorâneo com formação subsequente de substrato consolidado do tipo rocha praial, em condições de águas rasas e de alta energia. Para os níveis com bioclastos bioerodidos da pedreira Poty, sugere-se um ambiente de plataforma de baixa energia e baixa taxa de sedimentação. Para Ponta do Funil, a camada com bioclastos bioerodidos, assim como o nível semelhante em praia de Jaguaribe, sugere-se uma superfície de omissão retrabalhada em ambiente de plataforma. Para a camada de São Bento, sugere-se uma superfície de omissão retrabalhada em ambiente de plataforma rasa. Para as ocorrências de Tambaba, Carapibús e Coqueirinhos, infere-se sub-ambientes de sistema recifal, com icnoassembléias ligadas a acumulações de conchas entre colônias de algas e corais e icnoassembléias autóctones nas colônias, ambas em ambientes rasos e de baixa taxa de sedimentação.

Palavras-chave: Icnofósseis de macrobioerosão; Tafofácies, icnofácies e paleoambientes na Bacia da Paraíba; Formação Itamaracá; Formação Maria Farinha; Identificação de icnogêneros de macrobioerosão; Cretáceo-Paleógeno no NE do Brasil.

ABSTRACT

Macrobioerosion heritage of Paraíba Basin is mainly concentrated in Itamaracá Formation carbonate sandstones (known before as carbonate sandstones of lower Gramame Formation); some muddy limestone levels into Maria Farinha Formation and also reef limestone of Maria Farinha Formation at Jaguaribe beach and upper Maria Farinha Formation at Tambaba and Carapibús at Paraíba state.

*The Paraíba Basin encloses a great diversity of macrobioerosion trace fossils. Here are described and/or illustrated 36 ichnotaxa, being 33 attributed to 13 ichnogenera, one treated like unknown morphotype and two like Problematica: *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley, *Leptichnus* isp., *Renichnus* isp., *Rogerella elliptica* (Codez), *Rogerella pattei* (Saint-Seine), *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley, *Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley, *Trypanites fimbriatus* (Stephenson), *Vermiforichnus* isp., *Lapispecus* isp., *Conchotrema canna* (Price), *Caulostrepsis taenicola* Clarke, *Caulostrepsis cretacea* (Voigt), *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro, *Maeandropolydora sulcans* Voigt, *Maeandropolydora* isp., *Cunctichnus* isp., *Entobia cretacea* Portlock, *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro, *Entobia megastoma* (Fisher), *Entobia paradoxa* (Fisher), *Entobia gonioides* Bromley & Asgaard, *Entobia volzi* Bromley & D'Alessandro, *Entobia glomerata* (Morris), *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, *Entobia magna* Bromley & D'Alessandro, *Entobia* isp. A, *Entobia* isp. B, *Entobia* isp. C, *Morphoyipe* A, *Oichnus simplex* Bromley, *Oichnus* isp., *Problematica 1* and *Problematica 2*.*

*Some taxonomic revision are suggested for some ichnogenera, specially *Vermiforichnus*, *Rogerella* and the abandonment of some names of body fossils, like *Simonizapfes*, *Zapfella*, *Brachyzapfes*, *Spathipora* e *Penetrantia*. The *Cunctichnus* ichnogenus is replaced and its stratigraphic range enlarged until Lower Eocene. *Vermiforichnus* have to be placed until Paleocene.*

Caulostrepsis and Entobia show the reciprocal use of the same galleries, developing xenomorphic shapes. Entobia is the most abundant ichnogenus and also more diverse, with

greate variability in shapes. The Problematica types need specific studies and analyses on their relations with the shell substrates.

The taphocenosis are linked to bioclasts, lithic or bioconstructed substrates. In the bioclasts occur Leptichnus, Renichnus, Rogerella, Caulostrepsis, Maeandropolydora, Vermiforichnus, Lapispecus, Conchotrema, Cunctichnus and Entobia, while in the lithic substrates occur Gastrochaenolithes and Trypanites.

The ichnoassemblages are mainly dominated by suspensivorous of the Domichnia ethologic group, specially the ichnofacies Entobia (for bioclast colonization) and Trypanites for the carbonate sandstone colonization.

The carbonate sandstones are linked to inshore environment with subsequent formation of beachrock substrate, in high energy and shallow water conditions. For the bioroded bioclast levels in Poty quarry is suggested an offshore low energy environment with low sedimentation rate. For Ponta do Funil bioclast bioroded level, like in Jaguaribe, the environment suggested is an omission surface reworked in offshore. For São Bento bed, the inferred environment is an omission surface reworked in inshore environment. For Tambaba, Carapibús and Coqueirinhos, the inferred environment is a reef system with ichnoassemblages linked to shell beds or algal and coral colonies in a shallow and low sedimentation rate environment.

Key-words: Macrobioerosion ichnotaxa; Taphofacies, ichnofacies and palaeoenvironment at Paraíba Basin; Itamaracá Formation; Maria Farinha Formation; Macrobioerosion ichnogenera identification; Cretaceous-Paleogene at Northeastern Brazil.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
APRESENTAÇÃO	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
SUMÁRIO	1
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	9
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO	13
I.1. ANTECEDENTES AO TEMA PROPOSTO	15
I.2. JUSTIFICATIVA	16
I.3. OBJETIVOS	17
I.3.1 <u>Objetivo geral</u>	17
I.3.2 <u>Metas e produtos específicos</u>	17
I.4. MÉTODOS E MATERIAIS	18
I.4.1 <u>Levantamento bibliográfico</u>	18
I.4.2 <u>Levantamento de dados cartográficos e de campo</u>	19
I.4.3 <u>Preparação e registro dos espécimes</u>	19
I.4.4 <u>Partidos taxonômicos, terminologia e classificações</u>	20
I.4.5 <u>Materiais</u>	21

CAPÍTULO II. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ASPECTOS GEOLÓGICOS	22
II.1. DEFINIÇÃO, LIMITES E COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA DA PARAÍBA	25
II 2. A ESTRATIGRAFIA DA BACIA DA PARAÍBA	26
II.2.1 <u>Formação Beberibe</u>	28
II.2.2 <u>Formação Itamaracá</u>	28
II 2.3 <u>Formação Gramame</u>	30
II 2 4 <u>Formação Maria Farinha</u>	30
II.3. O ACERVO PALEONTOLÓGICO DA BACIA DA PARAÍBA	33
CAPÍTULO III. PALEOICNOLOGIA E MACROBIOEROSÃO	41
III.1. CONCEITOS GERAIS	41
III.2. AGENTES BIOEROSIVOS	43
III.2.1. <u>Esponjas</u>	44
III.2.2. <u>Anelídeos</u>	47
III.2.3. <u>Sipunculídeos</u>	48
III.2.4. <u>Cirrípodes</u>	49
III.2.5. <u>Moluscos bivalves</u>	50
III.2.6. <u>Gastrópodes</u>	51
III.2.7 <u>Gastrópodes herbívoros e moluscos poliplacóforos</u>	52
III.2.8. <u>Equinóides</u>	53
III.2.9. <u>Crustáceos</u>	54
III.2.10. <u>Organismos incrustantes (briozoários, gastrópodes, bivalves, cirrípodes balanomofos, anelídeos poliquetas)</u>	55
III.2.11.. <u>Cefalópodes</u>	56
III.2.12. <u>Briozoários ctenostomados</u>	57
III.2.13. <u>Peixes</u>	57
III.3. ICNOTÁXONS ASSOCIADOS A ESTRUTURAS DE MACROBIOEROSÃO.....	58
.....	58
III.4. CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES.....	60
III.3.1. <u>Classificação ecológica</u>	60
III.3.2. <u>Classificação etológica</u>	62
III.3.3. <u>Iconofósseis e macrobioerosão</u>	65

III.3.4. <u>Icnotramas e macrobioerosão</u>	67
CAPÍTULO IV. SISTEMÁTICA PALEOICNOLÓGICA	69
IV.1. TRATAMENTO PALEOICNOLÓGICO	72
IV.1.1 <u>Icnogênero <i>Leptichnus</i></u>	72
IV.1.2 <u>Icnogênero <i>Renichnus</i></u>	74
IV.1.3 <u>Icnogênero <i>Rogerella</i></u>	75
IV.1.4 <u>Icnogênero <i>Gastrochaenolites</i></u>	80
IV.1.5 <u>Icnogênero <i>Trypanites</i></u>	85
IV.1.6 <u>Icnogênero <i>Vermiforichnus</i></u>	89
IV.1.7 <u>Icnogênero <i>Lapispecus</i></u>	92
IV.1.8 <u>Icnogênero <i>Conchotrema</i></u>	94
IV.1.9 <u>Grupo <i>Caulostrepsis-Maeandropolydora</i></u>	96
IV.1.10 <u>Icnogênero <i>Cunctichnus</i></u>	107
IV.1.11 <u>Icnogênero <i>Entobia</i></u>	110
IV.1.12 <u>Icnogênero <i>Oichnus</i></u>	134
IV.1.13 <u>Morfotipo A</u>	136
IV.1.14 <u>Problemática 1 e 2</u>	137
CAPÍTULO V. TAFONOMIA	141
V.1. TAFOFÁCIES DE ÁRVORE ALTA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)	144
V.2. TAFOFÁCIES DA FAZENDA GARAPU (FORMAÇÃO ITAMARACÁ).....	145
V.3. TAFOFÁCIES DA FAZENDA ALEXANDRINA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ).....	146
V.4. TAFOFÁCIES DA PEDREIRA POTY (FORMAÇÃO MARIA FARINHA).....	147
V.5. TAFOFÁCIES NA PEDREIRA SÃO BENTO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA).....	148
V.6. TAFOFÁCIES DAS CAMADAS DA PRAIA DE JAGUARIBE (FORMAÇÃO MARIA FARINHA).....	150
V.7. TAFOFÁCIES DAS CAMADAS DE CARAPIBUS E TAMBABA (FORMAÇÃO MARIA FARINHA SUPERIOR).....	151
CAPÍTULO VI. PALEOECOLOGIA E ICNOFÁCIES	154
VI.1. INFERÊNCIAS ECOLÓGICAS A PARTIR DOS VESTÍGIOS DE	

MACROBIOEROSÃO.....	154
VI.1.1. <u>ICNOASSEMBLÉIA DE ENGENHO AMPARO (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)</u>	155
VI.1.2. <u>ICNOASSEMBLÉIA DE ÁRVORE ALTA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)</u>	156
VI.1.3. <u>ICNOASSEMBLÉIAS DE FAZENDA GARAPU (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)</u>	157
VI.1.4. <u>ICNOASSEMBLÉIA DE FAZENDA ALEXANDRINA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)</u>	158
VI.1.5. <u>ICNOASSEMBLÉIAS DA PEDREIRA POTY (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)</u>	159
VI.1.6. <u>ICNOASSEMBLÉIA DA LOCALIDADE DE PRAIA DE CONCEIÇÃO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)</u>	160
VI.1.7. <u>ICNOASSEMBLÉIA DA LOCALIDADE DE PRAIA DE JAGUARIBE (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)</u>	160
VI.1.8. <u>ICNOASSEMBLÉIAS DA LOCALIDADE DE SÃO BENTO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)</u>	161
VI.1.9. <u>ICNOASSEMBLÉIAS DAS LOCALIDADES DE CARAPIBÚS E TAMBABA (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)</u>	161
VI.2. ICNOFÁCIES A PARTIR DE ICNOASSOCIAÇÕES DE BIOEROSÃO NA BACIA DA PARAÍBA.....	163
VI.2.1. <u>Definindo icnofácies para associações de substratos consolidados</u>	163
VI.2.2. <u>As icnofácies identificadas para a Baía da Paraíba</u>	165
CAPÍTULO VII. ESTRATIGRAFIA E MODELOS PALEOAMBIENTAIS	167
VII.1. AMBIENTES DEPOSICIONAIS DE ÁRVORE ALTA, FAZENDA GARAPU E FAZENDA ALEXANDRINA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ).....	167
VII.2. AMBIENTES DEPOSICIONAIS NA PEDREIRA POTY (FORMAÇÃO MARIA FARINHA).....	173
VII.3. AMBIENTES DEPOSICIONAIS EM PONTA DO FUNIL.....	173
VII.4. AMBIENTES DEPOSICIONAIS NA PEDREIRA SÃO BENTO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA).....	175
VII.5. AMBIENTES DEPOSICIONAIS DAS CAMADAS DAS PRAIAS DE JAGUARIBE E PONTA DE PEDRAS (FORMAÇÃO MARIA FARINHA).....	176
VII.6. AMBIENTES DEPOSICIONAIS DAS CAMADAS DE CARAPIBUS, TAMBABA E COQUEIRINHOS (FORMAÇÃO MARIA FARINHA SUPERIOR).....	178
CAPÍTULO VIII. CONCLUSÕES	183
REFERÊNCIAS	189

ESTAMPAS216

ANEXO.....

CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO.....

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de localização dos afloramentos entre as cidades de João Pessoa (PB) e Recife (PE).....24
- Figura 2. Mapa da Bacia da Paraíba e sua compartimentação nas sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri (a partir de Mabeoone & Alheiros, 1993).....26
- Figura 3. Coluna litoestratigráfica da Bacia da Paraíba (modificada de Barbosa *et al.*, 2003).....27
- Figura 4. Modelo de esponja Clionidae perfurando concha. Células entalhadoras raspam quimicamente as partículas de carbonato que são envelopadas e expelidas pelos ósculos. Modificado de Ruppert *et al.* (2005).....45
- Figura 5. A. Representação esquemática de *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro (1984) exibindo canais exploratórios e arcabouço apertado de câmaras ovais com tendência a arrumação em fileiras; B. *Entobia ovula* da Formação Maria Farinha (Tambaba, Paraíba) com arcabouço bem desenvolvido de câmaras quase coalescentes.....46
- Figura 6 . A. Criação e fixação de uma galeria de *Polydora*; B. Vista em corte de galeria dobrada numa concha de ostra, exibindo entre os limbos a formação de depósito de matéria orgânica em preto, que pode corresponder nos icnofósseis *Caulostrepis* e *Maeandropolydora* à aspa (Ruellet, 2004).....47
- Figura 7. Representação do sipunculídeo perfurador recente *Aspidosiphon* exibindo escudo anal calcário que fecha a abertura da perfuração quando o indivíduo se contrai (a partir de Ruppert *et al.*, 2005); B. grupo de sipunculídeos perfuradores coletados em calcários coralíneos do Caribe e Oceano Índico e C. perfuração claviforme do recente *Phascolosoma antillarum* (Rice, 1969).....48
- Figura 8. A. Larva de cirrípede acrotorácico aninhando-se em sulco de concha de molusco; B. posicionamento preferencial das perfurações ao longo de linha de crescimento de *Gryphaea*; C. posicionamento preferencial das perfurações ao longo das suturas de gastrópode *Ceritiella*; D. posicionamento de perfurações de cirrípedes em concha de gastrópode ocupada por caranguejo eremita, notando-se as faixas de perfurações ao lado da faixa central que estava ocupada pelo abdômen do caranguejo (a partir de Seilacher (1969); E. *Rogerella* isp. em molde de concha do bivalve *Barbatia* sp. da Formação Maria Farinha (Tambaba, Paraíba).....50
- Figura 9. A. Cortes esquemáticos de *Gastrochaenolites*, dois deles exibindo concha do bivalve perfurante *Lithophaga*; B. feição de perfuração do bivalve *Gastrochaena* com corte transversal circular na parte mais profunda da perfuração, oval na sua parte mais estreita e com dupla na parte próxima à abertura; C. feição da perfuração de *Spengleria* com suas seções circular e duplas; D. exemplares de moldes internos de *Gastrochaenolites* isp. da Formação Itamaracá, Fazenda Alexandrina, Paraíba (figuras A, B e C de Bromley, 1978).....51
- Figura 10. Três exemplares de *Oichnus* isp. em bivalves do Pleistoceno Tardio – Holoceno do Uruguai (Lorenzo & Verde, 2004).52
- Figura 11. A. rádula com duas fileiras de dentes do mesogastrópode *Lanistes* e B. rádula do neogastrópode *Buccinum* (seg. Ruppert *et al.*, 2005); C. Detalhe de rádula de *Uroslapinx cinera* follyensis Baker e D. ranhuras produzidas por *Mya arenaria* Linnè (Carriker, 1969).....53
- Figura 12. Vista de uma ilha exibindo intensa erosão na zona intermarés por equinóides e detalhe da ação raspadora. (Bromley, 1975).....54

Figura 13. A. Fraturas provocadas por estomatópodes em conchas de bivalves, resultando no icnogênero *Belichnus* (Pether, 1995); B. Par de espécimes adultos de estomatópodes *Lysiasquilla maculata* (Fabricius) (www.ucmp.berkeley.edu/arthropoda/crustacea/malacostraca/eumalacostraca); Apêndices usados por crustáceos estomatópodes para romper conchas de moluscos; C. apêndice de *Gonodactylus chiragra* (Fabricius) dobrado; D. apêndice estendido de *Pterygosquilla armata capensis* Manning.....55

Figura 14. Exemplos de estruturas de fixação. A. *Leptichnus peristroma*, um icnito de briozoário (covas rasas radiais) e *Centrichnus concentricus* provocado por cirrípede (a cicatriz circular no centro); B. *Podichnus centrifugalis*, uma marca deixada por pedículo de braquiópode; C. *Centrichnus eccentricus*, um icnito produzido pela fixação de bissos de bivalve anomíideo (Gibert *et. al.*, 2004).....56

Figura 15. Esquema de disposição de algumas icnoespécies de bioerosão arrumados numa série de 8 faixas (A-D exibem as estruturas do ponto de vista externo e E-H vistas a partir de dentro do substrato). As seguintes icnoespécies ilustram a figura: 1. *Radulichnus inopinatus* Voigt, 1977; 2. *Centrichnus eccentricus* Bromley & Martinell, 1991; 3. *Podichnus centrifugalis* Bromley & Surlyk, 1973; 4. *Gnaticchnus pentax* Bromley, 1975; 5. *Renichnus arcuatus* Mayoral, 1987; 6. *Pennaticchnus moguerenica* Mayoral, 1988; 7. microperfurações de algas, 8. *Rogerella lecointrei* Saint-Seine, 1951; 9. *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, 1984; 10. *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, 1984; 11. *Talpina ramosa* von Hagenow, 1840; 12. *Caulostrepsis taenicola* Clarke, 1908; 13. *Conchotrema canna* (Price, 1916), 14. *Entobia magna* Bromley & D'Alessandro, 1989; 15. *Maeandropolydora decipiens* Voig, 1965; 16. *Trypanites solitarius* (Hagenow, 1840); 17. *Entobia gigantea* Bromley & D'Alessandro, 1989; 18. *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley, 1984; 19. *Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley, 1984(Bromley, 1994).....62

Figura 16. Algumas icnofácies e suas implicações ambientais. A. Perfurações em um substrato consolidado (*hardground*) como exemplo de icnofácies Trypanites; B. diagrama esquemático das icnofácies de ambientes mais profundos: 1. perfurações de poliqueta (*Polydora*); 2. perfuração de esponja Clionidae (*Entobia*); 3. perfurações de equinóide; 4. microperfurações de algas; 5. *Skolithos*; 6. *Diplocraterion*; 7. *Thalassinoides*; 8. *Arenicolites*; 9. *Ophiomorpha*; 10. *Cruziana*; 11. *Dimorphichnus*; 12. *Corophioides*; 13. *Rusophycus*; 14. *Rhizocorallium*; 15. *Phycoides*; 16. *Diplichnites*; 17. *Teichichnus*; 18. *Zoophycos*; 19. *Spirophyton*; *Lorenzina*; 21. *Paleodictyon*; 22. *Taphrhelminthopis*; 23. *Helminthoidea*; 24. *Spirorhaphe*; 25. *Cosmorhaphe*. (Frey & Seilacher, 1980).....67

Figura 17. Vistas de aberturas (a, b, a', a'', b', b''), cortes longitudinais e cavidades nos substratos de: 1. "*Simonizapfes*" *elongata* Codez, 1957; 2. *Rogerella elliptica* (Codez, 1957); 3. *Zapfella pattei* Saint-Seine, 1954 e *Rogerella mathieui* Saint-Seine, 1955 (a partir de Codez & Saint-Seine, 1958).....77

Figura 18. A1. sobre molde interno de *Ostrea* e A2 vista do contorno da abertura, Tambaba, Formação Maria Farinha superior; B. sobre molde interno de *Veniella brasiliensis* (Maury), do arenito calcífero da Antiga Fazenda Santa Alexandrina; C. sobre molde externo de *Ostrea* de Tambaba.....79

Fig. 19. Terminologia aplicada por Kelly & Bromley (1984) para perfurações em forma de clava.....81

Fig. 20. Esquemas das variações de morfologia de icnoespécies de *Gastrochaenolites*, exibindo seções longitudinais e transversais em vários níveis da perfuração, segundo Kelly & Bromley (1984). a. *Gastrochaenolites lapidicus*; b. *G. ampullatus*; c. *G. dijugus*; d. *G. cluniformis*; e. *G. ornatus*; f. *G. torpedo*; g. *G. turbinatus* e h. *G. orbicularis*.....81

Figura. 21. Variação de formas de perfurações atribuídas a *Trypanites*. A. *Trypanites biforans* (Gripp); B. *Trypanites cretacea* (Voigt); C. *Trypanites solitarius* (Hagenow); D. *Trypanites weisei* Mägdefrau e E. forma comum resultante de trabalho de sipunculídeos ou anelídeos (Bromley, 1972).....85

Figura 22. Gráfico mostrando a distribuição da relação entre comprimento e diâmetro médio em milímetros de 26 exemplares de *Trypanites fimbriatus* da Pedreira São Bento, Formação Maria Farinha.....88

- Figura 23. Vários aspectos de moldes das galerias em clava de *Trypanites fimbriatus* em pequenos fragmentos de conchas, provenientes da Pedreira São Bento, Formação Maria Farinha.....89
- Figura 24. Parte de galeria de *Vermiforichnus* isp., exibindo a curva característica de 90° para permanecer no interior do substrato.....91
- Figura 25. Esquema de *Lapispecus cuniculus*, exibindo a aspa longitudinal em vista geral e detalhe (Voigt, 1970).....92
- Figura 26. Desenho sob câmara-clara de molde natural da galeria atribuída a *Lapispecus* isp., exibindo a aspa longitudinal. Formação Maria Farinha superior.....93
- Figura 27. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas às icnoespécies *Conchotrema canna*, sistema de galerias tubulares, parcialmente preservado; *Maeandropolydora sulcans*, galerias cilíndricas e provavelmente câmara de *Entobia laquea*, a partir de onde desenvolve-se galeria ramificada de *C. canna*. Ao lado das galerias cilíndricas enroladas de *Maeandropolydora sulcans*, no canto direito inferior, duas cavidades em forma de lágrima atribuídas ao morfotipo A.....95
- Figura 28. Terminologia aplicável às descrições dos icnogêneros *Caulostrepsis* e *Maeandropolydora*. Segundo Bromley & D'Alessandro (1983).....97
- Figura 29. Alguns morfotipos esquemáticos de icnoespécies relacionadas a perfurações de poliquetas do icnogênero *Caulostrepsis*. A. *Caulostrepsis taenicola* Clarke, 1908 e B. *Caulostrepsis contorta* Bromley & D'Alessandro, 1983, com bolsas cujos ramos estão unidos por aspas; C. *Caulostrepsis cretacea* Voigt, 1971. Segundo Bromley & D'Alessandro (1983).....98
- Figura 30. Desenho sob câmara-clara de conjunto de moldes naturais de galerias atribuídas a *Caulostrepsis cretacea*. Pedreira São Bento, Formação Maria Farinha, Pernambuco.....99
- Figura 31. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de galerias atribuídas às icnoespécies *Caulostrepsis cretacea*, galerias em U sem aspa, e *C. taenicola*, exibindo aspa, alargamentos e contrações.....102
- Figura 32. Desenhos esquemáticos do icnogênero *Maeandropolydora*. A. *Maeandropolydora barocca*; B. *Maeandropolydora sulcans* Voigt, 1965; C. *Maeandropolydora decipiens* Voigt, 1965, formando bolsas contínuas e F. *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro, 1983 sem bolsas, porém com ramos que se juntam paralelamente.....103
- Figura 33. Desenhos sob câmara-clara de preenchimentos naturais de perfuração atribuídas às icnoespécies *Maeandropolydora elegans* e *M. sulcans*, na figura A, canto esquerdo inferior.....104
- Figura 34. Desenhos sob câmara-clara de preenchimentos naturais de galerias atribuídas à icnoespécie *Maeandropolydora sulcans*, exibindo cursos sinuosos e helicoidais.....105
- Figura 35. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais de galerias atribuídas a *Maeandropolydora* isp., proveniente do topo dos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá, Fazenda Garapu, Paraíba.....106
- Figura 36. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de galerias atribuídas ao icnogênero *Cunctichnus*. A. forma exibindo o crescimento da galeria (corte transversal: a-a'); B. perfil transversal da estrutura; C. forma aparentemente xenomórfica e D. várias galerias em estágios ontogenéticos distintos. Todos os exemplares da localidade de Tambaba, Formação Maria Farinha superior.....108
- Figura 37. Modelo de perfuração de esponja exibindo as fases A (não sombreada), B (com sombras claras) e C (sombras escuras), com as respectivas terminologias aplicadas na descrição deste tipo de icnofóssil. (Bromley & D'Alessandro, 1984).....110

- Figura 38. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia cretacea*. A. fileiras de câmaras; B. fase ontogenética bastante senil, com câmaras fundidas e aberturas grandes. Formação Itamaracá, Paraíba.....115
- Figura 39. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia cateniformis*, exibindo ramos exploratórios que evoluem para galerias cilíndricas e câmaras individualizadas por constrições. Formação Maria Farinha, Paraíba.....117
- Figura 40. Desenhos sob câmara-clara de três aspectos de moldes naturais de perfurações atribuídas a *Entobia laquea*. A. exemplar exibindo as câmaras delgadas bem características; B. exemplar menos idiomórfico, com as galerias delgadas e superpostas; C.a. galerias delgadas e irregulares, desenvolvendo-se de forma um tanto xenomórfica por aproveitar galerias dobradas da icnoespécie *Caulostrepsis taenicola* (C.b). Formação Maria Farinha, Paraíba.....119
- Figura 41. Aspectos de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia megastoma* em desenhos sob câmara-clara. A. exemplar com canais grossos e aberturas grandes; B. forma xenomórfica em associação com a icnoespécie *Caulostrepsis taenicola*, exibindo longas galerias cruzando grandes volumes irregulares; C. forma senil com grandes volumes irregulares e aberturas muito grandes, também em associação com *Caulostrepsis taenicola*. Formação Maria Farinha (Paleoceno) da Pedreira Poty.....121
- Figura 42. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia ovula*. A. sistema compacto de galerias sub-esféricas quase sem canais inter-câmaras; B. forma mais aberta com canais inter-câmaras, associada a preenchimento de cavidade possivelmente atribuível ao icnogênero *Cunctichnus*. Formação Maria Farinha, Paraíba.....123
- Figura 43. Desenho sob câmara-clara de molde natural de arcabouço compacto de *Entobia volzi*, exibindo as diminutas câmaras que formam um cacho em torno das grandes galerias cilíndricas. Formação Maria Farinha, Paraíba.....124
- Figura 44. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia paradoxa*. A. sistema irregular de câmaras e canais, associado a *Maeandropolydora sulcans*, no canto inferior direito. B. forma com poucas câmaras individualizadas e longas galerias. Formação Maria Farinha, Tambaba, Paraíba.....126
- Figura 45. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia gonioides*. A. fases C e D com as câmaras mais senis fechando o arcabouço; C. sistema grande exibindo a fase D bastante desenvolvida com as câmaras amebóides (lado esquerdo). No centro e canto direito inferior *Gastrochaenolites isp*.....129
- Figura 46. Desenho sob câmara-clara de preenchimento natural de perfuração atribuída ao icnogênero *Entobia magna*, exibindo as grandes galerias achatadas com muitas aberturas. Formação Maria Farinha Inferior. Pedreira Poty.....131
- Figura 47. Desenho sob câmara-clara de preenchimento natural de perfuração entobiana, exibindo galerias muito grossas e finas e longas apófises.....132
- Figura 48. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais das perfurações em forma de gota achatadas. Formação Maria Farinha superior, Tambaba, Paraíba.....137
- Figura 49. A. esquema mostrando a segmentação de corpo de poliqueta com os parapódios laterais e a seção quase circular do corpo (Ruppert *et al.*, 2005); B. fóssil do Spionidae *Vermiforacta rollinsi* Cameron parcialmente preservado no interior de sua galeria (*Vermiforichnus clarkei* Cameron) do Devoniano de Nova York (Cameron, 1969); C. detalhes de *Problematica* 1 exibindo molde dos parapódios e parte da cabeça.....138
- Figura 50. A. detalhe da estrutura paraibana, as setas mostram partes do preenchimento cilíndrico do interior da perfuração; B. *Helminthoida labyrinthica* do Cretáceo Superior, ilustrada por Moore (1966) e C. *Helminthorhapha flexuosa* (Książkiewicz), ilustrada por Demircan & Toker (2004).....140

- Figura 51. Aspectos da biofábrica do calcário de São Bento, exibindo os moldes externos e internos de conchas articuladas, valvas e fragmentos dispostos caoticamente. As imagens E e F exibem preenchimentos de galerias (*Maeandropolydora elegans*).....150
- Figura 52. Aspectos das biofábricas dos calcários de Tambaba. A. Moldes de *Lithophaga* (*Lithophaga*) sp. e de suas perfurações (*Gastochaenolithes torpedo*) na tafofácies de assembléia autóctone-paraautóctone em aspecto autóctone; B. Vista das crostas de algas *Archaeolithothamnium* da tafofácies autóctone-paraautóctone; C-E. Detalhe de moldes de bivalves da epifauna bissada em acumulação caótica e fragmentos de corais, desprendidos das colônias e acumulados na tafofácies da assembléia paraautóctone-autóctone.....153
- Figura 53. Vistas do afloramento de Árvore Alta na localidade conhecida como Volta da Pedra, município de Alhandra, Paraíba. A linha tracejada marca o contato entre as camadas de arenito calcífero (na base) da Formação Itamaracá com as margas da Formação Gramame.....168
- Figura 54. Aspectos da pedreira da fazenda Garapú (A), exibindo as camadas de margas da Formação Gramame e B. detalhe do afloramento de arenito calcífero na mesma localidade. No solo resultante de decomposição dos arenitos calcíferos estão as conchas substituídas por calcário e extremamente bioerodidas.....169
- Figura 55. Perfil estratigráfico da localidade de Árvore Alta, Alhandra, Paraíba.....170
- Figura 56. Perfil estratigráfico da localidade de fazenda Garapú, Alhandra, Paraíba.....171
- Figura 57. Perfil estratigráfico da pedreira da fazenda Alexandrina, município do Conde, Paraíba.....172
- Figura 58. Perfil estratigráfico da localidade de Ponta do Funil, Pernambuco.....174
- Figura 59. Vistas do afloramento da localidade de Ponta do Funil, Pernambuco. Na fotografia inferior, vista das camadas de calcário argiloso bioturbadas (*Ophiomorpha* e *Thalassinoides*) da Formação Gramame; Na fotografia maior, contato da Formação Gramame com Maria Farinha, com destaque para a camada que marca a passagem Cretáceo-Paleógeno, marcada por brecha conchífera e de nódulos carbonáticos (detalhe); detalhe superior, calcário com moldes de moluscos com vestígios de bioerosão (*Entobia*).....175
- Figura 60. Perfil estratigráfico da pedreira São Bento, Pernambuco.....176
- Figura 61. Perfil estratigráfico da localidade de praia de Jaguaribe, ilha de Itamaracá, Pernambuco.....177
- Figura 62. Vistas do afloramento de praia de Jaguaribe, exibindo as camadas recifais na faixa intermaré (com detalhe mostrando molde de *Serratocerithium buarquianum*) e camadas argilosas formando falésia.....178
- Figura 63. Perfil estratigráfico do afloramento da praia de Carapíbús, Conde, Paraíba.....180
- Figura 64. Perfil estratigráfico da localidade de praia de Tambaba, Conde, Paraíba.....181
- Figura 65. Vistas do afloramento de praia de Tambaba, Conde, Paraíba, exibindo aspectos dos calcários recifais da Formação Maria Farinha superior. Na base, colônias de corais e algas coralíneas com detalhe de calcário com bioclastos em arcabouço caótico; no topo, arenito-pelito carbonático com estratificação cruzada e moldes de sal encerram a seqüência.....182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Afloramentos que forneceram icnoespécimes para o estudo sistemático, com destaque para aqueles que serviram para o tratamento paleoecológico, paleoambiental e estratigráfico.....	23
Tabela 2. Principias organismos marinhos bioerodentes associados a substratos consolidados, processos de ataque, tipos de estrutura e principias icnogêneros resultantes.....	59
Tabela 3. Classificação de estruturas de bioerosão, segundo Bromley (1994).....	61
Tabela 4. Categorização de animais colonizadores de substratos duros (Taylor & Wilson, 2002).....	61
Tabela 5. As cinco classes etológicas que incluem estruturas de bioerosão em substratos líticos e biomineralizados com exemplos de alguns icnotaxa (modificado de Gibert <i>et al.</i> , 2004).....	64
Tabela 6. Distribuição dos icnotáxons de macrobioerosão identificados na da Bacia da Paraíba.....	71
Tabela 7. Características morfológicas de cavidades de cirrípedes acrotorácicos (a partir de Codez & Saint-Seine, 1958).....	75
Tabela 8. Características de fósseis corporais de cirrípedes acrotorácicos definidas por suas perfurações fósseis (Tomlinson, 1963).....	76
Tabela 9. Terminologia aplicável às descrições de morfotipos do icnogênero <i>Entobia</i> (a partir de Bromley & D'Alessandro, 1984).....	111
Tabela 10. Critérios para distinguir entre colonização de substratos minerais bióticos em condição de vida ou <i>pos-mortem</i> por organismos esqueletobiontes (modificado de Taylor & Wilson, 2002).....	142
Tabela 11. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de Engenho Amparo...155	155
Tabela 12. Classificação e características da colonização da icnoassembléia de Árvore Alta.....	156
Tabela 13. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia 1 de Garapu.....	157
Tabela 14. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia 2 de Garapu.....	157
Tabela 15. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de Fazenda Alexandrina.....	158
Tabela 16. Classificação ecológica e características da icnoassembléia da pedreira Poty.....	159
Tabela 17. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia da praia de Conceição.....	160
Tabela 18. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia da praia de Jaguaribe..160	160
Tabela 19. Classificação ecológica e características da colonização de São Bento.....	161
Tabela 20. Classificação ecológica e características da colonização das icnoassembléias de Carapibus e Tambaba.....	162

Tabela 21. Ecologia dos moluscos bivalves dos calcários das localidades de Tambaba, Carapibus e Coqueirinhos (Almeida, 2000).....	179
Tabela 22. Distribuição dos moluscos bivalves de acordo com a forma de ocorrência (assembléia) e respectivas inferências ambientais nos calcários de Tambaba, Carapibus e Coqueirinhos (Almeida, 2000).....	179
Tabela 23. Classificação etológica, trófica e organismos geradores das estruturas de macrobioerosão descritas neste trabalho.....	187

CAPÍTULO

I

INTRODUÇÃO

A curiosidade humana acerca de organismos marinhos capazes de produzir estruturas bioerosivas em conchas e restos esqueléticos remonta há muitos séculos. O filósofo Aristóteles (384-322 a.C.) já reconhecera a ação perfurante de gastrópodes marinhos em conchas de outros moluscos, identificadas como presas. Investigações mais freqüentes e sistematizadas vêm sendo publicadas desde o século XVIII, envolvendo não apenas representantes dos principais grupos de invertebrados, como também uma ampla gama de processos bioerosivos, tipos de substratos e idades. A partir da década de 1960 houve um grande incremento na compreensão dos processos bioerosivos, dos agentes biológicos envolvidos e estruturas resultantes, tanto no âmbito da Biologia quanto da Paleoicnologia (Sognaes, 1963; Carriker *et al.*, 1969; Bromley, 1970; Bromley & D'Alessandro, 1984; Pleydel & Jones, 1988).

A Paleoicnologia é o ramo da Paleontologia que se dedica ao estudo dos icnofósseis, das condições em que foram produzidos e, quando possível, da identificação dos organismos que os produziram, tratando assim de um imenso espectro de estruturas produzidas pela atividade de organismos e preservadas, principalmente, nas rochas sedimentares. Muitas vezes os icnofósseis são as únicas evidências fossilizadas da existência e ação de certos organismos, especialmente daqueles não dotados de partes mineralizadas. Dentre todas as áreas de conhecimento da Paleontologia, a Paleoicnologia certamente é a que tem apresentado nos últimos anos o avanço mais significativo e complexo, passando a ser tópico ou capítulo indispensável na maioria dos trabalhos de cunho paleontológico e mesmo sedimentológico. Isso se deve não apenas ao fascinante universo das formas esculturais produzidas pelos organismos, mas fundamentalmente ao fato de que os icnofósseis têm demonstrado ter um excelente potencial como indicadores paleoambientais.

Fernandes *et. al.* (2002) referem-se de forma geral à Paleoicnologia como:

“...uma importante ciência do campo de conhecimento geológico, enquanto que, o icnofóssil, seu objeto de estudo, como uma eficaz fonte de informação sedimentológica e estratigráfica nas bacias sedimentares desde o Pré-Cambriano tardio até o Recente, com particular aplicação no campo da Indústria do Petróleo.”

Os icnofósseis correspondem, fundamentalmente, a marcas ou estruturas fossilizadas produzidas em vida por organismos e diretamente relacionadas a atividades biológicas como: alimentação, locomoção, reprodução e habitação. Exemplos comuns de icnofósseis são as pistas de locomoção, as pegadas, as pistas deixadas durante o deslocamento para pastagem, as cavidades e galerias de habitação, bem como as perfurações, arranhões e até cicatrizes deixadas por organismos que se fixam em conchas de outros.

Como os icnofósseis não são partes corpóreas de organismos, e sim registros de suas atividades, torna-se impossível adotar todas as categorias clássicas do procedimento taxonômico de Linné, reconhecidas pelo Comitê Internacional de Nomenclatura Zoológica. A Paleoicnologia lança mão, no entanto, da nomenclatura binomial e adota icnogêneros e iconespécies para uma infinidade de morfotipos, resultantes dos mais diversos modos de atividades, como pegadas, escavações, pistas e perfurações.

Dentre todos os tipos de vestígios fósseis, os icnofósseis são os que encerram as evidências mais diretas sobre o comportamento dos animais. Sendo assim, a classificação baseada no comportamento - etologia - dos organismos, de Seilacher (*apud* Bromley, 1996b) resulta numa forma de descrição prática e com excelentes implicações nas interpretações paleoambientais.

Os icnofósseis figuram, no panorama das estruturas biogênicas, como ferramentas extremamente úteis nas interpretações ambientais, especialmente através da caracterização de fácies sedimentares (icnofácies) e na descrição de seções estratigráficas. Muitos autores têm aplicado as icnofácies ao estudo dos sistemas deposicionais e seus tratos, o que permite a organização de arcabouços de bacias sob a ótica conceitual da Estratigrafia de Seqüências.

O uso dos icnofósseis para datação, historicamente relegado a um segundo plano em relação aos fósseis corporais, tem sido cada vez mais defendido por paleontólogos e estratígrafos e já são muitas as biozonas estabelecidas através de icnofósseis. As estruturas de

bioerosão também demonstram grande utilidade para a paleobatimetria, propiciando grandes contribuições para a compreensão dos ambientes deposicionais, especialmente as produzidas por algas.

De acordo com Fernandes *et al.* (2002), a aplicação dos icnofósseis à exploração do petróleo e, principalmente, ao desenvolvimento de campos petrolíferos, refere-se aos aspectos de icnofábrica, que podem ampliar ou reduzir a qualidade de um reservatório. Segundo estes autores, a trama de icnofósseis pode modificar barreiras sedimentológicas de permeabilidade de fluidos. As perfurações interferem diretamente na porosidade e formação de capilares, tendo em vista que a maior parte corresponde a estruturas pós-deposicionais.

I.1. ANTECEDENTES AO TEMA PROPOSTO

A história dos estudos paleontológicos em camadas da Bacia da Paraíba teve início no século XIX e pode ser dividida em três períodos: o primeiro corresponde à fase dos trabalhos pioneiros, realizados por pesquisadores estrangeiros que visitaram as exposições calcárias da faixa costeira dos estados de Pernambuco e da Paraíba entre o final do século passado e o início deste. Os pioneiros foram os americanos Orville Adelbert Derby e DeBorden Wilmont, trazidos por Charles Frederick Hartt, então responsável pela famosa Expedição Morgan de 1870, para observar as camadas de Maria Farinha e Nova Cruz, ao norte do Recife e ao sul da ilha de Itamaracá. Alguns espécimes então coletados foram descritos por Richard Rathbun. Outros paleontólogos dessa época estudaram fósseis de moluscos da Formação Maria Farinha sem terem visitado seus afloramentos, como Charles Abiathar White e Ralph Arnold. O período seguinte teve início com a descoberta de uma camada de fosfato na então Formação Gramame por Duarte (1949), o que resultou em trabalhos de mapeamento e muitas referências a fósseis. O terceiro período começou com a criação da disciplina de Paleontologia no Curso de História Natural da Universidade do Recife, em 1954, e logo após, com a instalação do Curso de Geologia na Universidade Federal de Pernambuco. Trabalhos publicados a partir de então passaram a ter um caráter sistemático, apresentando descrições de novos fósseis e revisões de outros anteriormente descritos.

No entanto, os aspectos paleoicnológicos da Bacia da Paraíba ainda não receberam uma atenção mais aprofundada e continuada. A abordagem mais ampla deve-se exatamente ao autor deste trabalho (Almeida, 2000), mas limitou-se às formas da Formação Maria Farinha

no Estado da Paraíba. Trabalhos anteriores tiveram caráter mais pontual, como, por exemplo, Muniz & Ramirez (1977), Muniz & Almeida, (1989); Almeida & Muniz, (1992).

No cenário internacional as estruturas macrobioerosivas têm recebido uma atenção crescente. Importantes trabalhos têm contribuído para a consolidação dessa categoria de icnofósseis, entre os quais pode-se citar: Bromley (1970, 1972, 1996a), Bromley & D'Alessandro (1983, 1989), Pleydel & Jones (1988), Pickerill *et al.* (1998), Taylor & Wilson (2002), Santos *et al.* (2003), Gilbert *et al.* (2004), Bromley & Heinberg (2006), Bertling *et al.* (2006), Wilson (2007). Ainda faltava, no entanto, um trabalho de caráter genérico que apresente uma chave eficiente para identificação dos icnogêneros e icnoespécies, com diagnoses capazes de permitir a identificação de um amplo leque de morfotipos.

I.2. JUSTIFICATIVA

A organização de um significativo acervo de estruturas de macrobioerosão em conchas das formações Gramame e Maria Farinha, iniciada com o paleontólogo Geraldo da Costa Barros Muniz no final da década de 1980 (Muniz & Almeida, 1989; Almeida & Muniz, 1992), revelou o vasto campo de investigações taxonômicas e paleoecológicas que estas estruturas poderiam propiciar e as grandes contribuições que tal abordagem poderiam trazer ao conhecimento da Bacia da Paraíba e outros tratos contendo comunidades de substratos duros.

O estudo sistemático de estruturas de bioerosão ainda é inédito no Brasil e espera-se com esse trabalho contribuir para o conhecimento e uso desta categoria de icnofósseis no país, geralmente desprezados e muitas vezes perdidos durante as coletas ou nas preparações de seus fósseis corporais hospedeiros.

A Bacia da Paraíba vem experimentando um crescente interesse, tanto no tocante à sua evolução tectono-sedimentar (Mabesoone & Alheiros, 1988, 1991, 1993; Albertão, 1993; Albertão, 1996; Feijó, 1994; Lima Filho *et al.*, 1998; Barbosa *et al.*, 2003; Barbosa, 2004; Lima Filho *et al.*, 2005; Sousa & Lima Filho, 2005; Souza, 2006), quanto a sua história paleoambiental (El Gadi & Brookfield, 1999; Lima & Koutsoukos, 2002; Barbosa *et al.*, 2006) e paleoecológica (Muniz, 1993; Almeida, 2000; Fauth & Koutsoukos, 2004). Nesse cenário, o conhecimento das estruturas de macrobioerosão das duas unidades carbonáticas, da

seqüência trasgressiva-regressiva da bacia, representa uma importante ferramenta na compreensão de sua evolução, especialmente em seus momentos de baixas taxas de sedimentação ou de geração de substratos consolidados, biogênicos ou diagenéticos. Através do conhecimento das várias icnoassembléias espera-se oferecer dados paleoambientais refinados de batimetria, energia e condições de sedimentação, bem como marcos estratigráficos.

I.3. OBJETIVOS

I.3.1. OBJETIVO GERAL

Esta tese tem como principal objetivo estudar sistematicamente estruturas macrobioerosivas em conchas, restos de corais, algas coralíneas e substratos calcários das formações Itamaracá e Maria Farinha, sugerindo como subprodutos modelos paleoecológicos e paleoambientais, no sentido de contribuir para o conhecimento do arcabouço das seqüências sedimentares da Bacia da Paraíba e, de forma mais genérica, propor uma chave de identificação de estruturas de macrobioerosão.

I.3.2. METAS E PRODUTOS ESPECÍFICOS

- realizar uma ampla investigação sobre as estruturas de macrobioerosão já descritas em outras unidades em várias partes do mundo;
- apresentar um panorama acerca dos princípios, conceitos e aplicações das estruturas de macrobioerosão e como resultado uma proposta de chave de identificação de estruturas de macrobioerosão;
- estudar sistematicamente os *icnotaxa* das formações Itamaracá e Maria Farinha;
- sugerir modelos de icnofácies;
- sugerir modelos paleoambientais;
- contribuir para a correlação de camadas da Bacia da Paraíba;
- contribuir para o conhecimento da evolução da Bacia da Paraíba.

I.4. MÉTODOS E MATERIAIS

O plano de trabalho adotado para a realização deste trabalho consistiu basicamente das seguintes etapas:

- levantamento de dados bibliográficos;
- trabalhos de campo;
- seleção de espécimes depositados na coleção de microfósseis do Departamento de Geologia da UFPE;
- trabalhos de laboratório;
- redação da tese.

I.4.1. Levantamento Bibliográfico

Tomando-se como ponto de partida a dissertação de mestrado de Almeida (2000), realizou-se um aprofundamento no conhecimento em torno das macroperfurações, seus organismos produtores, processos de perfuração e *icnotaxa* resultantes. Por tratar-se de uma área de conhecimento muito específica e cujos dados não se encontram agrupados e devidamente hierarquizados ou organizados em chaves de classificação, optou-se por reunir a maior quantidade de dados de várias partes do mundo, idades geológicas e épocas de publicação e sumariá-los sob a forma de tabelas. Assim, tabelas de categorias etológicas, estruturas líticas de bioerosão, organismos macrobioerodentes e relação entre perfurações, organismos e seus substratos, aliaram-se à tabela dos icnogêneros de macroperfuração já publicados, como ferramentas fundamentais de todo o trabalho. Cerca de quatrocentas publicações, desde capítulos de livros, artigos em periódicos a páginas na *internet*, foram selecionadas por abordarem assuntos relativos a organismos viventes causadores de bioerosão, icnitos de macrobioerão e comunidades recentes e fósseis de substratos consolidados.

I.4.2. Levantamento de dados cartográficos e de campo

Primeiramente foram levantados os dados mais recentes acerca do arcabouço tectono-estratigráfico da Bacia da Paraíba - ou Bacia Pernambuco-Paraíba - e das formações Gramame e Maria Farinha, visando especialmente uma compreensão da bioestratigrafia e ambientes deposicionais de pacotes que encerram icnitos da categoria macroperfuração.

Folhas planialtimétricas (Cartas da SUDENE/Ministério do Exército) e levantamentos geológicos nas porções emersas da bacia em Pernambuco e Paraíba serviram de base para os trabalhos de campo e para a confecção dos mapas de afloramento e área de ocorrência das unidades em apreço.

Nos afloramentos visitados foram obtidas seções estratigráficas e coletadas amostras fossilíferas de icnofósseis e macrofósseis.

I.4.3. Preparação e registro dos espécimes

Os icnofósseis tratados neste trabalho ocorrem principalmente das seguintes maneiras: espaços vazios (galerias, câmaras e cavidades em conchas recristalizadas ou substituídas, rochas carbonáticas, corais e algas coralíneas); moldes naturais de perfurações, galerias, e câmaras na superfície de moldes internos e externos de moluscos; moldes de cavidades perfuradas em calcários, corais e algas, marcas nas superfícies de conchas e moldes de conchas.

Após as coletas de campo, os diversos espécimes fósseis foram submetidos a limpeza mecânica para retirada de partes indesejadas de matriz. As estruturas mais delicadas e expostas, que correspondem àquelas onde as conchas dos hospedeiros estavam dissolvidas, foram impregnadas com uma solução diluída a 10% de emulsão acrílica à base de água.

Os espécimes foram observados em detalhe e medidos sob lupa binocular Motic K em aumentos de até 25 vezes.

O registro fotográfico dos icnofósseis foi feito mediante dois métodos: macrofotografia digital para vistas panorâmicas e alguns detalhes e fotografia digital sob lupa para detalhes menores.

Uma importância especial foi devotada à confecção de desenhos esquemáticos de icnoespécimes selecionados de cada morfotipo tratado, visando uma melhor compreensão das feições morfológicas taxonomicamente mais importantes, o que não se consegue apenas com o registro fotográfico. Os desenhos foram feitos com o uso de lupa binocular dotada de tubo de desenho (câmara-clara) com o uso de canetas finas tipo nanquim (0,05 – 2 mm) e técnica de pontilhado para os efeitos de relevo.

A moldagem de algumas cavidades foi feita com o uso de silicone de condensação fluido e catalisador odontológico, apenas para auxiliar na observação em positivo de determinadas estruturas.

I.4.4. Partidos taxonômicos, terminologia, classificações

Apesar de já aceitos pelo Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN, 1999) nas hierarquias gênero-grupo e espécie-grupo, os icnofósseis ainda não têm uma sistematização nem de longe já atingida pelos fósseis corporais, apesar de grandes esforços de autores como Häntzschel (1962, 1965a-b, 1975), Osgood, (1975), Pemberton & Frey (1982a,b), Gámez Vintaned & Liñán (1996), Bromley (1996b) e Bertling *et al.* (2006). Muitas descrições e definições de icnotáxons, especialmente as mais antigas, fazem confusões entre os icnitos e seus organismos geradores. Algumas diagnoses de icnogêneros e icnoespécies não existem ou suas descrições não seguem um padrão uniformizado, o que dificultou a identificação de alguns morfotipos.

Neste trabalho são usadas as duas categorias de icnotáxons icnogênero e icnoespécie, com suas mais modernas formas de abreviatura, respectivamente igen. e isp.. Para as descrições adotou-se, na medida do possível para as estruturas de macrobioerosão, as icnotaxabases propostas por Bromley (1996b), que consistem numa seqüência que começa pela morfologia geral do icnofóssil e sua orientação, seguida pela descrição de seus limites, ramificações, tipos de preenchimento e finalmente, tipos de trilhas.

A abordagem sistemática segue a seguinte seqüência:

- terminologia e discussão (parte introdutória aos tratamentos taxonômicos);
- nome do icnogênero;
- nome da icnoespécie-tipo (quando definida);

- diagnose do icnogênero;
- sinonímia do icnogênero;
- distribuição estratigráfica e organismos geradores;
- nome da icnoespécie;
- referência à figuração nas estampas;
- sinonímia da icnoespécie;
- diagnose da icnoespécie;
- material;
- descrição;
- discussão;
- distribuição cronoestratigráfica e geográfica da icnoespécie;
- classificação etológica e organismos geradores;

A classificação ecológica adotada atende à terminologia proposta por Taylor & Wilson (2002) e a classificação etológica lança mão de categorias propostas por Seilacher (1953a, 1953b), Ekdale *et al.* (1984), Ekdale (1985), Bown & Rattcliffe (1988), Bromley (1990), Genise & Bown (1994) e Gibert *et al.* (2004). A classificação complementar de Ekdale *et al.* (1984) para estruturas de bioerosão é extensivamente usada.

Um elenco de icnofáceis reunido a partir de Bromley (1996b) e Fernandes *et al.* (2002) foi usado para classificar os conjuntos de icnofósseis, especialmente os relacionados à tríade *Trypanites-Entobia-Gnaticnus*.

I.4.5. Materiais

O material icnológico estudado durante a elaboração desta tese foi em parte coletado pelo autor e em parte selecionado a partir de espécimes da Coleção de Macrofósseis do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco. Os acervos montados por Karl Beurlen e Geraldo da Costa Barros Muniz forneceram grande parte dos espécimes, a que se somaram outros anteriormente coletados pelo autor. Alguns poucos espécimes foram selecionados em conjuntos de fósseis coletados por alunos na disciplina de Paleontologia e acomodados no Laboratório de Paleontologia do DEGEO-UFPE. Todos os icnoespécimes

descritos e figurados estão tombados na Coleção do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.

CAPÍTULO

II

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os afloramentos que forneceram os icnoespécimes que resultaram na presente tese estão circunscritos numa faixa de cerca de 25 km de largura e 100 km de comprimento, na faixa costeira entre as cidades de João Pessoa (Paraíba) e Recife (Pernambuco), nordeste oriental do Brasil, geologicamente correspondente à Bacia da Paraíba (Fig. 1).

Os exemplares fósseis provêm dos afloramentos listados na tabela 1, mas apenas as localidades onde as estruturas de macrobioerosão ocorrem de forma expressiva foram eleitas para as análises paleoecológicas, paleoambientais e estratigráficas.

Tabela 1. Afloramentos que forneceram icnoespécimes para o estudo sistemático, com destaque para aqueles que serviram para o tratamento paleoecológico, paleoambiental e estratigráfico.

Afloramento	Localidade	Descrição resumida
Engenho Amparo	Ilha de Itamaracá	Arenitos calcíferos da Fm. Itamaracá. Antiga localidade-tipo da antiga Fm. Itamaracá
Pedreira fazenda Garapu	Município de Alhandra, Paraíba	Contato arenitos calcíferos fossilíferos da Fm. Itamaracá e margas da Fm. Gramame
Árvore Alta (Volta da Pedra)	Margem direita do rio Alhandra, Alhandra, Paraíba	Contato arenitos calcíferos fossilíferos e margas da Fm. Itamaracá e margas da Fm. Gramame
Fazenda Alexandrina (Antiga CIGRA)	Margem direita do rio Gramame, Conde, Paraíba	Contato arenitos calcíferos fossilíferos da Formação Itamaracá e margas da Fm. Gramame
Pedreira Poty	Pernambuco	Contato das margas superiores da Formação Gramame e Formação Maria Farinha
Pedreira São Bento	Município de Paulista, Pernambuco	Calcário argiloso com muitos moldes de conchas da Formação Maria Farinha
Praia de Ponta de Pedras	Pernambuco	Calcários semelhantes aos de Carapibus. Formação Maria Farinha
Ponta do Funil	Pernambuco	Contato das margas superiores da Formação Gramame e Formação Maria Farinha
Praia de Jaguaribe	Ilha de Itamaracá	Formação Maria Farinha, com níveis semelhantes a Tambaba
Praia de Conceição	Ilha de Itamaracá, Pernambuco	Formação Maria Farinha
Praia de Tambaba	Município do Conde, Paraíba	Calcários recifais da Formação Maria Farinha com moldes de conchas, esteiras de algas e corais
Praia de Carapibus	Município do Conde	Calcários recifais da Formação Maria Farinha com moldes de conchas

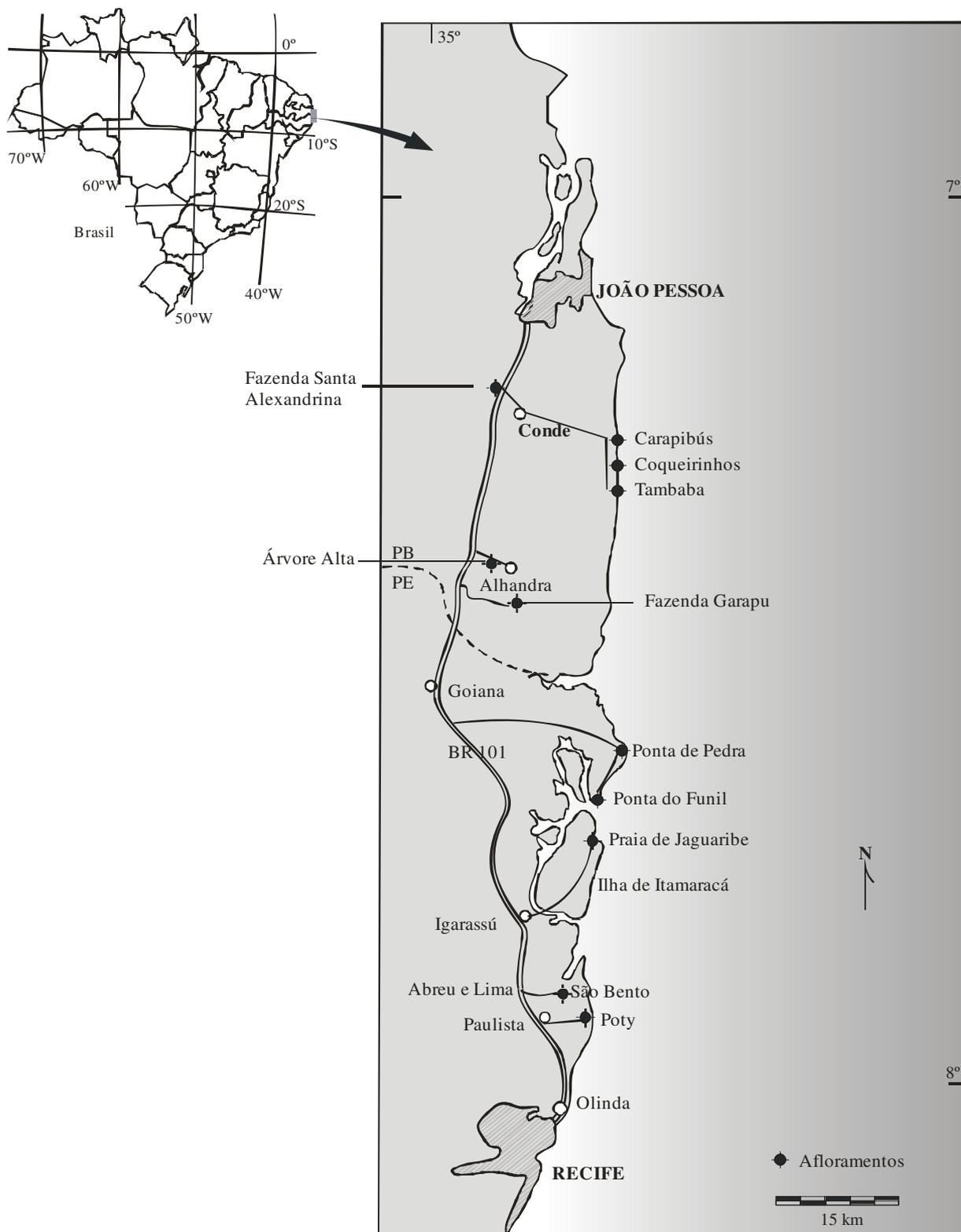


Figura 1. Mapa de localização dos afloramentos entre as cidades de João Pessoa (PB) e Recife (PE), modificado de Muniz (1993) e Almeida (2000).

II.1. DEFINIÇÃO, LIMITES E COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA DA PARAÍBA

Atualmente a Bacia da Paraíba é entendida como a faixa sedimentar costeira dos estados da Paraíba e Pernambuco entre a cidade de Recife e o rio Mamanguape no litoral Norte da Paraíba (Fig. 2). Ao sul, a Bacia da Paraíba está separada da Bacia de Pernambuco pelo Lineamento Pernambuco e ao norte pelo Alto de Mamanguape (Barbosa , 2004; Barbosa *et al.* 2006).

A evolução da compreensão da Bacia da Paraíba como unidade autônoma passa pela individualização da antiga Sub-bacia do Cabo e conseqüente abandono do termo Bacia Pernambuco-Paraíba, discussão que já se desenvolve há vários anos e que culminou com a proposição de Lima Filho (1998) nesse sentido. A antiga Bacia Pernambuco-Paraíba já chegou a ser considerada como a faixa desde o Alto de Maragogi, separando-a da Bacia Sergipe-Alagoas, até o Alto de Touros no Rio Grande do Norte ou mesmo tendo uma ligação contínua com a Bacia Potiguar (Mabesoone, 1996b).

De acordo com Lima Filho *et al.* (1998) o Lineamento Pernambuco atuou como alto estrutural desde o final do Turoniano, até uma movimentação tectônica que teria permitido a transgressão marinha no compartimento ao norte de tal estrutura.

A Bacia da Paraíba estabeleceu-se como uma rampa suave de blocos falhados (Rand, 1976, 1978), recebendo sua seqüência continental-transicional possivelmente já a partir do Coniaciano até o Campaniano, seguida de uma seqüência marinha transgressivo-regressiva depositada entre o Maastrichtiano e o Eoceno inferior (Mabesoone & Alheiros, 1988,1991; Lima Filho *et al.*, 1998; Almeida 2000; Barbosa 2004).

A Bacia da Paraíba compreende uma porção emersa de largura média entre 15 e 20km e área de cerca de 8.000 km² e outra porção oceânica de cerca de 30.000 km² , cuja largura máxima atinge 60 km no chamado Platô de Pernambuco, na região de Recife.

Seu embasamento faz parte da Zona Transversal ou Sistema Pajeú-Paraíba, composto de a metassedimentos pré-cambrianos.

Mabesoone & Alheiros (1993) chegaram a tratar os compartimentos tectônicos da Bacia da Paraíba e seus preenchimentos, ainda na sua denominação Pernambuco-Paraíba, como contíguos àqueles da Bacia Potiguar até o Alto de Touros, o que resultava em sete sub-bacias de sul para norte: Olinda, Alhandra, Miriri, Canguaretama, Natal, Touros e Lages. No entanto, alguns autores (Feitosa *et al.*, 2002; Barbosa, 2004), perceberam a limitação das unidades da bacia apenas aos três compartimentos ao sul da Falha de Mamanguape e

sugeriram que a região dessa falha teria atuado como alto estrutural, o que restringe a Bacia da Paraíba aos blocos Olinda, Alhandra e Miriri. Esta concepção também é aceita neste trabalho.

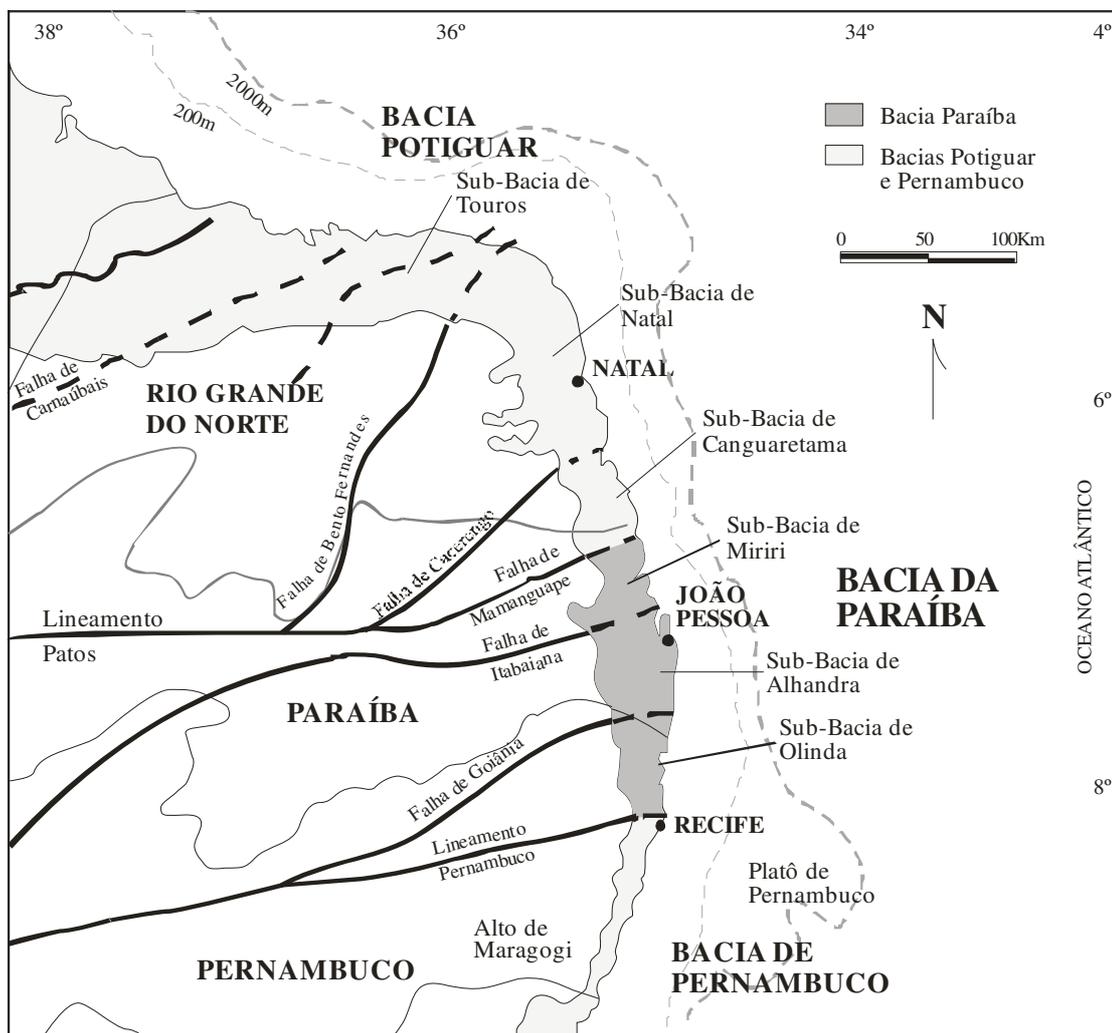


Figura 2. Mapa da Bacia da Paraíba e sua compartimentação nas sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri (a partir de Mabesoone & Alheiros, 1993).

II.2. A ESTRATIGRAFIA DA BACIA DA PARAÍBA

Trabalhos hodiernos têm considerado um preenchimento litoestratigráfico da Bacia da Paraíba iniciado provavelmente já no Coniaciano com uma seqüência continental-transicional implantada até o final do Campaniano, quando foram depositadas as formações Beberibe e Itamaracá. Uma seqüência transgressivo-regressiva completa o trato entre o Maastrichtiano e o Eoceno inferior, correspondendo respectivamente às formações Gramame e Maria Farinha.

As quatro unidades (Beberibe, Itamaracá, Gramame e Maria Farinha) compõem o chamado Grupo Paraíba. A coluna litoestratigráfica da figura 3 exhibe as principais relações estratigráficas da bacia.

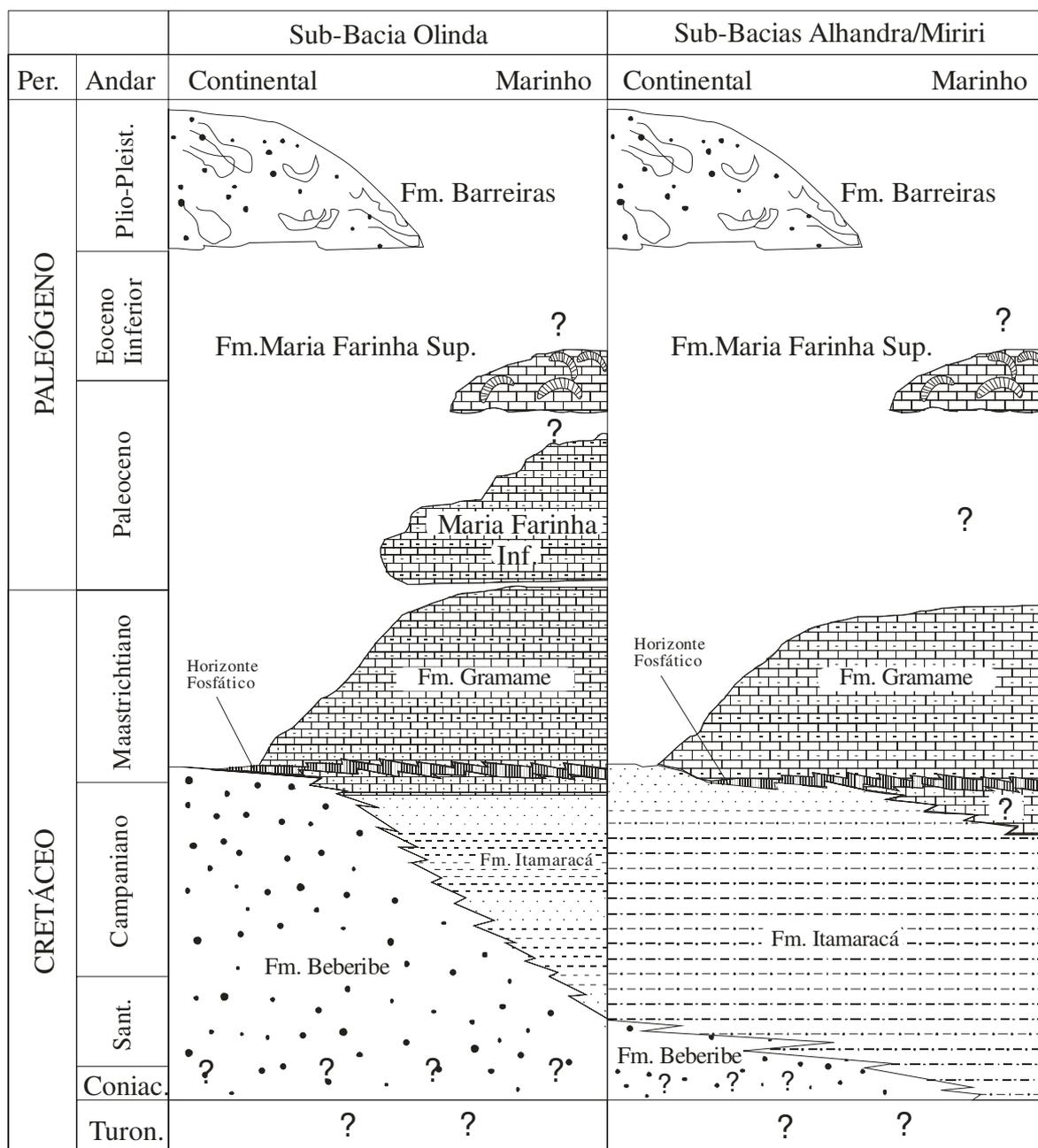


Figura 3. Coluna litoestratigráfica da Bacia da Paraíba (modificada de Barbosa *et al.*, 2003)

II.2.1. Formação Beberibe

A denominação Formação Beberibe foi originalmente proposta por Kegel (1957) apenas para abranger as camadas clásticas fossilíferas que ocorrem no vale do rio Beberibe, ao norte de Recife. O pacote de espessura em torno de 200 m compreende arenitos continentais de matriz microclástica, mal selecionados, intercalados com siltitos e folhelhos de ambientes fluviais a flúvio-lagunares e flúvio-deltaicos.

Beurlen (1967) se refere ao cefalópode *Pseudoschloenbachia umbulazi*, indicando uma idade entre Santoniano superior a Campaniano, além de citar os moluscos bivalves *Mulinoides*, *Tellina* e *Corbula*.

III.2.2. Formação Itamaracá

A Formação Itamaracá foi definida por Kegel (1953, 1955) para abrigar camadas marinhas de arenitos calcíferos com intercalações não-marinhas que corresponderiam ao Membro Beberibe. Segundo esse autor, os calcarenitos definidos como Formação Itamaracá, que afloram no engenho Amparo (ilha de Itamaracá) teriam idade senoniana superior e fauna correlacionável aos calcários “cor de camurça” ou Zona “*Roudairia*” de Maury (1930), aflorantes na margem direita do rio Gramame, ao sul de João Pessoa.

Beurlen (1967) propôs o abandono do termo Formação Itamaracá, incluindo os arenitos calcíferos transicionais na base da Formação Gramame, que passaria também a incluir um nível fosfático.

Muniz (1993) usou informalmente o termo “arenito calcífero” para se referir ao pacote de cerca de 100 m de arenitos pardos a cinzentos, quartzosos, de granulação média a grossa da Formação Itamaracá.

Atualmente a Formação Itamaracá retomou sua hierarquia (Lima Filho & Souza, 2001; Barbosa *et al.*, 2003; Barbosa, 2004; Souza & Lima Filho, 2005; Barbosa *et al.*, 2005), mas suas relações com a Formação Beberibe ainda não são bem conhecidas. Barbosa *et al.* (2003) afirmam que as dificuldades em compreender a relação das duas unidades reside no fato das intercalações de ambientes transicionais e marinhos típicos de avanços e recuos de uma zona

costeira. Segundo eles, níveis silticos e areníticos de ambientes flúvio-lagunares e estuarinos fossilíferos se intercalam com níveis argilosos, carbonáticos, de forte influência marinha.

Souza & Lima Filho (2005) definiram como marco estratigráfico radioativo a camada fosfática de espessura entre 1 e 4 m enriquecida por urânio e posicionada no topo da Formação Itamaracá. Os autores identificaram o fosforito como apogeu do Trato de Sistema Transgressivo (TST) da Bacia da Paraíba, caracterizado por taxa de sedimentação baixa em zonas de ressurgência, indicando a possibilidade desse ambiente ter funcionado como uma superfície endurecida (*hardground*). Isso corresponderia a uma Superfície de Inundação Máxima (SIM), que marca a passagem para o Trato de Sistema de Mar Alto (TSMA). Esse novo olhar sob a estratigrafia da bacia incorpora, sob a ótica da estratigrafia de seqüências, os arenitos calcíferos tratados por Muniz (1993) no trato superior da Formação Itamaracá, deixando para a Formação Gramame apenas as margas.

A Formação Itamaracá caracteriza-se por arenitos calcíferos e calcirruditos de cor creme, ricos em conchas espessas e recristalizadas, que chegaram a formar níveis de coquina. Estas camadas afloram no estado da Paraíba na Fazenda Alexandrina, na margem direita do rio Gramame e nas localidades de Árvore Alta e Fazenda Garapu, ambas no município de Alhandra. No estado de Pernambuco ocorre apenas nas terras do Engenho Amparo na ilha de Itamaracá. Da Fazenda Alexandrina saíram os fósseis descritos por Maury (1930), enquanto que Muniz (1993) descreveu espécimes coletados principalmente nesta localidade.

O conteúdo fóssilífero do nível fosfático é bastante diversificado, encerrando uma malacofauna de características bastante peculiares devido ao tamanho atrofiado de bivalves, gastrópodes e cefalópodes. Tal malacofauna merece um amplo estudo sistemático e de caráter paleoambiental. Oliveira (1957) descreveu as seguintes formas da camada fosfática: os bivalves *Lucina?* sp., *Cardium (Pachycardium)* sp., *Venericardia linoi* Oliveira; os gastrópodes *Xenophora vasconcellosi* Oliveira, *Cypraea azevedoi* Oliveira, *Ficus?* sp., *Turritella* sp. e os cefalópodes *Pachydiscus* sp., *Sphenodiscus?* sp. e *Baculites kegei* Oliveira.

II.2.3. Formação Gramame

A denominação Formação Gramame foi proposta inicialmente por Oliveira (1940) para agrupar todas as camadas calcárias cretáceas da faixa costeira da Paraíba. Posteriormente o termo passou a incluir as camadas da faixa pernambucana.

De acordo com Oliveira *et al.* (2003) a espessura média do pacote da Formação Gramame tem espessura média entre 30-40 m, podendo chegar a 100 m.

Barbosa (2004) demonstrou a partir de dados de poços e testemunhos de sondagem, que o contato entre as formações Itamaracá e Gramame nas sub-bacias de Alhandra e Miriri ocorre de forma intercalada, mas é brusco na Sub-bacia Olinda, que passa rapidamente da fácies transicional para a marinha franca, representada pelas margas superiores da Formação Gramame.

Os calcilutitos cinzentos e menos fossilíferos, intercalados com argilas calcárias intensamente bioturbadas são caracterizados pela presença recorrente de *Thalassinoides*, escavações de crustáceos (Muniz & Ramires, 1977). Estes calcilutitos estão expostos em minas entre Recife e João Pessoa, sendo muito usados na construção civil e indústria de cimento. Grandes exposições podem ser vistas nas pedreiras Poty (Paulista – PE), Itapessoca (ilha de Itapessoca – PE), CIPASA (Caaporã – PE), CIMEPAR (João Pessoa) e afloram naturalmente na Ponta do Funil (Barra de Catuama – PE).

Os calcários da Formação Gramame representam a instalação na Bacia da Paraíba de ambientes de plataforma carbonática rasa (Muniz 1993; Fauth & Koutsoukos, 2002) até tratos de mar alto (Barbosa *et al.*, 2005)

III.2.4. Formação Maria Farinha

O termo Formação Maria Farinha foi introduzido por Oliveira (1940) e confirmado por Oliveira & Leonardos (1943). Anteriormente, Rathbun (1875) havia se referido aos estratos da unidade com os termos informais camadas Maria Farinha, São José, Nova Cruz e Itamaracá. Batista *et al.* (1984), no Léxico Estratigráfico do Brasil, fizeram um breve apanhado sobre a Formação Maria Farinha, apontando como localidade-tipo a praia de Maria Farinha, ao norte de Olinda. No entanto, a consolidação e definição da Formação Maria Farinha tem ocorrido mais por razões históricas do que por tratamentos formais da nomenclatura estratigráfica.

A Formação Maria Farinha é constituída de calcários detríticos cinzentos a cremes, com intercalações de níveis mais argilosos. Segundo Mabesoone (1991), os calcários da Formação Maria Farinha tornam-se mais arenosos para cima, podendo aparecer no topo uma areia de praia, fato que não foi observado nesse trabalho. Na pedreira Poty, município de

Paulista (PE), a seqüência termina com camadas calcárias argilosas de coloração amarela, sobre as quais ocorrem discordantemente camadas de argila de um mangue atual, que teve suas águas drenadas pela companhia exploratória. Faltam, portanto, as ditas areias de praia. Na localidade de Ponta do Funil, ao norte da ilha de Itamaracá, ocorrem apenas as camadas mais basais da referida formação, cerca de 2 m apenas, faltando também nesta localidade as areias de praia. Posteriormente este fato voltará a ser tratado, dada a sua importância para efeito de correlação com os afloramentos da Paraíba.

Oliveira & Ramos (1956) apresentaram um perfil detalhado da antiga Pedreira do Pinho (atualmente Poty), onde descrevem as camadas calcárias identificando-as com as denominações locais.

A ocorrência de calcários fossilíferos do Paleógeno no litoral ao sul de João Pessoa, nas praias entre Jacumã e Tambaba é conhecida desde o século XIX (Branner, 1902; Beurlen, 1967; Muniz, 1993, Mabesoone, 1994), mas foi somente Almeida (2000) que descreveu parte significativa de sua flora e fauna, incluindo icnitos de macroperfuração que também serviram de motivação para o desenvolvimento do corrente trabalho. Estes calcários revelaram um abundante conteúdo paleontológico e foram posicionados na porção mais superior da Formação Maria Farinha

Albertão (1993) abordou os calcários da Bacia da Paraíba, concluindo através de relações de campo, dados petrográficos, micropaleontológicos e geoquímicos, que um processo de regressão marinha instalou-se desde a porção superior da Formação Gramame até o topo da Formação Maria Farinha. De acordo com seus dados, o ambiente deposicional teria evoluído de nerítico externo na Formação Gramame para nerítico interno na Formação Maria Farinha. Este ambiente seria uma rampa carbonática com declividade suave, freqüentemente afetada por episódios de tempestade, e com alguma influência continental. Um contato litológico erosivo entre as duas formações foi posicionado na base de um pelmicrito (*packstone* gradando para *wackstone/mudstone* no topo), provavelmente gerado por um processo de tsunamis. No entanto, o limite Cretáceo-Paleógeno, caracterizado bioestratigraficamente por foraminíferos e palinóforos, foi identificado 60 cm acima do contato litológico, numa camada argilosa delgada, que segundo ele marca a extinção de diversos microrganismos. Nesta camada o referido autor identificou uma anomalia significativa de irídio. Posteriormente, Albertão (1996) reposicionou o limite Cretáceo-Terciário alguns centímetros abaixo do contato litológico entre as duas formações.

A idade da Formação Maria Farinha tem sido considerada como paleocênica, podendo chegar até o Eoceno. Alves & Costa (1986) discutiram uma possível sedimentação contínua

na região do Platô de Pernambuco desde o Albiano-Cenomaniano (Formação Estiva) até o Eoceno Inferior (Formação Maria Farinha). Mabesoone & Alheiros (1988) concordaram com esta interpretação quando consideram a história geológica da região em sua totalidade. Mabesoone (1996a) afirmou que a seqüência calcária que corresponde ao ciclo transgressivo-regressivo da bacia teria idades compreendidas no intervalo Campaniano-Eoceno. Mabesoone (1996b) voltou a sugerir que a Formação Maria Farinha teria idade paleocênica-eocênica e admitiu uma provável idade até o Eoceno Inferior em seu livro sobre as bacias do Nordeste (Mabesoone, 1994).

Lima *et al.* (1996) se referiram à Formação Maria Farinha como representativa de um evento regressivo do Maastrichtiano superior ao Paleógeno e quando trataram dos calcários da costa do estado da Paraíba admitiram uma idade presumivelmente Eoceno a Oligoceno(?) para estes calcarenitos e calcirruditos bioclásticos, que corresponderiam à porção mais superior da Formação Maria Farinha.

Todas as referências a idades mais recentes que Paleoceno para a Formação Maria Farinha publicadas até o presente momento, se baseiam em inferências ou expectativas induzidas pelo arcabouço e preenchimento lítico da bacia, ou pelas características peculiares gerais da fáunula da porção paraibana, e não em dados correlativos paleontológicos. Neste trabalho tentou-se definir a idade dos referidos calcários com a finalidade de compreender a história do final do evento transgressivo-regressivo da bacia.

Falta, portanto, para a Formação Maria Farinha, a definição e descrição formal de uma seção-tipo, que possa comportar suas diversas litofácies e biofácies. A unidade ainda carece de levantamentos bioestratigráficos, tanto com micro como macrofósseis, que considerem todas as camadas que têm sido incluídas no seu domínio, englobando as paraibanas.

A posição estratigráfica das diversas camadas da Sub-bacia de Olinda ainda não está definida, principalmente daquelas mais afastadas no limite Cretáceo-Paleógeno, o que dificulta a tentativa de correlação com as camadas da Sub-Bacia de Alhandra.

É possível que haja pelo menos uma discordância na seqüência deposicional da Formação Maria Farinha. Entre as camadas de Pernambuco e da Paraíba pode haver um significativo hiato, relacionado aos movimentos tectônicos das teclas propostas por Fortes (1988). De acordo com vários autores, a transgressão deu-se de sul para norte, acompanhando a abertura do oceano e o basculamento das teclas. Desta forma, é possível que a regressão tenha se processado da mesma maneira e, sendo assim, os calcários do litoral da Paraíba representariam os últimos eventos deposicionais deste processo regressivo, aflorantes.

II.3. O ACERVO PALEONTOLÓGICO DA BACIA DA PARAÍBA

A mais antiga notícia sobre fósseis da Bacia da Paraíba deve-se ao engenheiro de minas inglês E. Williamson, que examinou pormenorizadamente as camadas cretáceas e paleogênicas das vizinhanças de João Pessoa, e fez referências vagas a um dente de peixe e a conchostráceos (“*Estheriae*”) na formação subjacente à cobertura paleogênica (Williamson, 1868). No entanto, somente em 1889, H. G. Sumner, então superintendente da Estrada de Ferro Conde d’Eu, na capital paraibana, montou uma pequena coleção de fósseis nas pedreiras na margem da ferrovia e a enviou para o geólogo norte-americano John Casper Branner. Este encaminhou os espécimes para especialistas, resultando nas seguintes formas identificadas: *Zanthopsis cretacea*, um caranguejo descrito por Mary Jane Rathbun; *Cimolichthys* sp., um peixe classificado por Samuel Wendell Williston e *Sphenodiscus* sp., um cefalópode descrito por James Perrin Smith. Mais tarde Branner (1902) aproveitou tais identificações para concluir sobre a idade cretácea das camadas calcárias de João Pessoa.

O primeiro trabalho amplo sobre fósseis da Paraíba deve-se a Carlota Joaquina Maury (Maury, 1930), que estudou uma rica coleção de cerca de 800 espécimes coletados pelo Sr. João Domingues dos Santos. Os fósseis foram coletados na Fazenda Congo, município do Conde, na margem direita do rio Gramame e foram doados, através de Luciano Jacques de Moraes, ao Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, que os remeteu à Dra. Maury nos Estados Unidos. A autora descreveu muitas formas novas entre moluscos (bivalves, gastrópodes e cefalópodes), equinodermas, peixes e até frutos de palmeiras. Foram também estudados dois crustáceos e um réptil, identificado por Richard Swann Lull e Malcolm Rutherford Thorpe como pertencente à espécie *Goniopholis hartti*. Maury dividiu os pacotes calcários em duas zonas, uma de calcário cinzento com os amonóides *Sphenodiscus brasiliensis* e *Parapachydiscus parahybensis* sob a denominação de Zona *Sphenodiscus* e outra de calcários amarelos como Zona *Roudairia*, um molusco bivalve. A autora atribuiu idade compreendida no intervalo Campaniano-Maastrichtiano para os calcários estudados.

Oliveira & Silva Santos (1950) descreveram alguns fragmentos de mandíbulas, dentes de peixes e de seláquios, além de um cefalópode.

Oliveira (1951) descreveu um novo gastrópode, *Anchura roxoi*, e mais tarde (Oliveira, 1957) um anelídeo, outros moluscos e um equinóide na porção fosfática.

Price (1953a, 1953b, 1957) descreveu mosassauros (*Globidens*, *Mosasaurus*) e pterossauros (*Nyctiosaurus lamegoi*).

Kegel (1955) estudou foraminíferos das camadas fosfáticas, tratando também de coprólitos.

Tinoco (1955) descreveu 14 espécies de foraminíferos, reconhecendo mais tarde (Tinoco, 1967) que a associação *Globotruncana contusa* e *Globotruncana stuarti* como característica maastrichtiana da Formação Gramame.

Rebouças & Silva Santos (1956) descreveram peixes, seláquios e blastóides das camadas fosfáticas.

Muniz (1993), em sua extensiva monografia acerca da malacofauna da Formação Itamaracá, reviu formas descritas por Maury (1930) e descreveu várias outras novas, propondo inclusive um gênero novo de bivalve, *Braslicardium*. Da chamada “Zona Roudaria” de Maury (*op. cit.*) foram descritas as seguintes espécies: os bivalves *Lopatinia (Pseudocucullaea) stantoni* (Maury), *Trigonarca jesupae* Maury, *Trigonarca isolda* (Maury), *Trigonarca freia* (Maury), *Lithophaga (Lithophaga) paraibensis* Muniz, *Inoceramus (Cataceramus) balticus* Bohn, *Inoceramus (Endocostea) dominguesi* Maury, *Camptonectes (Camptonectes) moderatus* Muniz, *Neithea (Neithea) latericostata* Muniz, *Plicatula (Plicatula) parahybensis* Maury, *Acesta paraibensis* Muniz, *Pseudolimea* sp., *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis* (Lamack), *Exogyra (Exogyra) gramamensis* Muniz, *Ostrea* sp., *Fimbria beurleni* Muniz, *Venericardia (Venericardia) marisaustralis* Maury, *Coleopsis (Coleopsis) brasiliensis* Muniz, *Crassatella paraibensis* Muniz, *Granocardium (Criocardium) paraibense* Muniz, *Braslicardium riogramamense* (Maury), *Leptosolen paraibensis* Muniz, *Linearia (Lithyris) brasiliensis* Muniz, *Veniella brasiliensis* (Maury), *Mesocallista (Mesocallista) mauryae* Muniz, *Cyprimeria paraibensis* Muniz, *Cyprimeria* sp., *Legumen brasiliense* Muniz, *Sinonia paraibensis* Muniz, *Gastrochaena (Gastrochaena)* sp., *Pholadomya (Pholadomya) parahybensis* Maury, *Liopistha (Liophista) riogramamensis* Muniz; os gastrópodes *Otostoma paraibense* Muniz, *Keilostoma magna* Muniz, *Mesalia priscilae* Muniz, *Mesalia garapuensis* Muniz, *Turritella antigona* Maury, *Turritella antigona itamaracensis* Muniz, *Turritella arethusa* Maury, *Turritella brunnhilda* Maury, *Turritella totiusanctorum* Maury, *Turritella nordestensis* Muniz, *Turritella* sp., *Pseudomalaxix? pauciornata* Muniz, *Cerithium paraibense* Muniz, *Cerithiella (Cerithiella) pernambucensis* Muniz, *Calyptrea paraibensis* Muniz, *Anchura roxoi Oliveira?*, *Pugnellus (Pugnellus) assisi* Muniz, *Calyptrophorua itamaracensis* Muniz, *Strombus? latiaperturalis* Muniz, *Euspira parahybensis* (Maury), *Trachytriton? pernambucensis* Muniz, *Bellifusus parvus* Muniz, *Paleopsephaea itamaracensis* Muniz, *Fusinus delicatus* Muniz, *Woodsella? brasiliensis* Muniz, *Pyropsis axiornata* Muniz, *Pseudoliva bellecompta* Muniz, *Volutoderma*

(*Volutoderma brasiliensis* (Maury), *Cancellaria? paraibensis* Muniz, *Mataxa paucilirata* Muniz e os cefalópodes *Phylloceras (Hypophylloceras)* cf. *P. (H.) surya* (Forbes), *Gaudryceras brasiliensis* Muniz, *Axonoceras* cf. *A. compressum* Stephenson e *Axonoceras pingue* Stephenson?. Da porção superior, “Zona *Sphenodiscus*” de Maury (1930) (calcários margosos cinzentos) foram tratadas as seguintes espécies: os bivalves *Atrina reginamaris* (Maury), *Inoceramus (Endocostea) dominguesi* Maury; os gastrópodes *Campanile brasiliense* Maury, *Anchura roxoi* Oliveira?, *Pterodonta? gramamensis* Muniz, *Volutoderma (Volutoderma) brasiliensis* (Maury) e *Volutomorpha* sp., além do cefalópode *Hauriceras* sp..

As primeiras descrições de fósseis da Formação Maria Farinha devem-se a Rathbun (1875), que estudou os espécimes coletados por Orville Adelbert Derby e DeBorden Wilmont, atribuindo aos mesmos, idade cretácea. O autor identificou as seguintes espécies de moluscos bivalves: *Exogira lateralis* Nilsson, *Nucula mariaae*, *Leda swiftiana*, *Leda brasiliensis*, *Arca orestis*, *Arca (Cucullea) hartii*, *Cardita morganiana*, *Cardita wilmotii*, *Lucina tenela*, *Cardium soaresanum* e *Tellina pernambucensis*. Além dos bivalves, Derby e Wilmot obtiveram alguns peixes e um crocodiliano, descrito por Cope (1886) como *Hiposaurus derbyanus*, que segundo o mesmo, teria afinidades com uma espécie do Cretáceo dos Estados Unidos.

White (1887) reviu algumas das formas tratadas por Rathbun (1875) e descreveu outras novas, numa extensa monografia. Uma análise em seu trabalho revela, no entanto, alguns equívocos quanto à procedência de alguns espécimes, como os que são admitidos como presentes ao mesmo tempo na Formação Maria Farinha, na Formação Pirabas (Mioceno) e no Cretáceo de Sergipe. Como resultado desta mistura de fósseis o autor admitiu para o conjunto uma idade cretácea, mas estes fatos não subtraem a importância da monografia, que ainda é o trabalho mais vasto sobre a paleontologia da Formação Maria Farinha. Os espécimes por ele estudados ainda precisam de uma revisão geral, inclusive para posicioná-los nas suas devidas formações.

Branner (1902) coletou um conjunto de fósseis em Ponta de Pedras, ao norte da ilha de Itamaracá, Pernambuco, os quais Ralph Arnold (*in* Branner *op. cit.*) listou, mas não apresentou descrições ou ilustrações. Algumas destas espécies são duvidosas e estão citadas estranhamente como ocorrendo também no Pará e na Bahia. Na mesma ocasião, Branner (1902) descobriu os calcários aflorantes nas praias ao sul de Jacumã, estado da Paraíba, admitindo para os mesmos, idade então terciária, baseando-se em fósseis cujos nomes, no entanto, não revelou. Ambos os autores concordaram quanto à idade terciária dos fósseis encontrados citando inclusive as considerações de Harris (1896).

Maury (1924) correlacionou as camadas de Maria Farinha com as de Roca e Salamanca na Argentina, com as que contêm *Enclimatoceras* no Peru, com a Formação Soldado, com Wilcox e Midway na América do Norte, bem como com os andares Ypresiano, Sparnaciano, Thanetiano e Montiano da Europa. A autora fez referências aos equívocos de White (1887) quanto à determinação genérica de algumas formas e confirmou o Eoceno basal para a Formação Maria Farinha.

Oliveira & Leonardos (1943) no clássico livro “Geologia do Brasil” apresentaram uma revisão dos conhecimentos acerca da geologia e da paleontologia da Formação Maria Farinha. Analisaram as discussões sobre a idade da mesma e se posicionaram a favor da idade terciária. No entanto, desconsideraram a possibilidade da mistura de espécimes de formações distintas.

Oliveira (1953) apresentou um vasto relato sobre a Formação Maria Farinha, referindo-se a deposição em mar raso e não muito afastada da costa. O autor posicionou as camadas de Maria Farinha no Paleoceno e tratou detalhadamente dos cefalópodes *Cimomia pernambucensis* (Maury) e *Hercoglossa lamegoi*.

Beurlen (1959) discutiu a presença de crustáceos dos gêneros *Plagiolophus*, *Carinuca* e *Calianassa*, além de equinóides, briozoários, serpulídeos e nautilóides. Também foram identificados alguns dentes de peixes seláquios, como *Odontaspis koerti* Stromer, descrito no Eoceno da Nigéria e do Congo, *Odontaspis macrota*, também do Eoceno da África, além de duas espécies duvidosas de *Lamna* e uma dentição incompleta de *Pycnodus precursor* Dartvelle, um peixe picnodontídeo do Paleoceno do Congo.

Penna (1965) redescreveu alguns bivalves e gastrópodes da Formação Maria Farinha e propôs duas novas espécies de gastrópodes, além de citar cefalópodes e um coral solitário do gênero *Cariophyllia*. Os espécimes foram coletados em Maria Farinha e nas pedreiras de Zumbi e São Bento, situadas no município de Paulista ao norte de Recife, atualmente desativadas e de difícil acesso. A autora sugeriu um ambiente costeiro e de águas rasas e quentes para a deposição dos calcários destas localidades.

Beurlen (1967) citou os crustáceos *Callianassa*, *Plagiolophus* e *Retrocypoda* como indicadores de um ambiente análogo ao de mangue na Formação Maria Farinha. Referiu-se à presença dos bivalves *Cucullaea* e *Venericardia* como indicadores de águas muito agitadas e à associação de *Nuculana* com gastropódes como *Turritella* e *Cerithium* de águas mais calmas. O autor ressaltou a predominância de relações zoogeográficas com a América Central e do Norte, com domínio de espécies comuns ao Paleoceno da ilha de Trinidad e do estado do Texas. Citou apenas algumas espécies dos gastrópodes *Turritella* e *Cerithium* e de

cefalópodes do gênero *Nautilus* como comuns à Formação Maria Farinha e ao Paleoceno de Angola. Concluiu que a Formação Maria Farinha apresentava algumas peculiaridades, tais como grandes gastrópodes dos gêneros *Campanile* e *Natica* e uma diversidade de *Pyrazus*, gênero de gastrópode que falta no Paleoceno de Trinidad e do Texas.

Oliveira & Santos (1969) revisaram os bivalves descritos por Rathbun (1875) e White (1887), mas publicaram apenas um resumo, onde aparecem citações genéricas de duas formas novas de *Lithophaga* e *Prepeamusium*.

Woodring (1971) apresentou um quadro de afinidades zoogeográficas de espécies e subespécies entre a Formação Maria Farinha e formações do Caribe, América do Norte, África ocidental e Tétis, incluindo três espécies idênticas e quinze muito aparentadas.

Adegoke (1972) opinou que a composição genérica da fauna de Maria Farinha sugeria uma forte afinidade com as faunas paleocenas da costa ocidental africana.

Buge & Muniz (1974) descreveram um novo briozoário proveniente da pedreira Zumbi, sob a designação de *Lunulites (Heteractis) barbosae*, correlacionando-o com formas do Eoceno do Golfo do México. Apesar de tratarem da Formação Maria Farinha como paleocênica, admitiram que suas porções superiores poderiam ser eocênicas.

Cassab (1978) apresentou os primeiros resultados de uma revisão da fauna da Formação Maria Farinha. Tratou de alguns gastrópodes e descreveu *Dirocerithium woodring* como uma nova espécie, enfatizando ser a primeira menção ao gênero no Brasil. Concluiu que a presença de elementos afins aos da fauna do mar de Tétis, seria indicativo de que os moluscos da Formação Maria Farinha tenham se originado naquela região.

Fernandes (1978) descreveu pela primeira vez na Formação Maria Farinha dois corais hermatípicos, a nova espécie *Stephanocoenia pernambucensis* e *Paracyatus* cf. *P. rugosus* Vaugan. Fernandes (1984) voltou a descrever mais dois espécimes de corais da Formação Maria Farinha, uma forma denominada de *Madracis whitei* e outra indeterminada da família Caryophylliidae.

Cassab (1983) dando continuidade à revisão taxionômica da fauna de Maria Farinha, tratou de vários gastrópodes e apresentou um quadro com espécies que ocorrem em Maria Farinha, Trinidad, Texas e Alabama, corroborando a idéia de autores anteriores de que o topo da Formação Maria Farinha pudesse ser eocênico. Admitiu ainda que a costa do Nordeste do Brasil poderia ter atuado no Paleógeno como um centro de dispersão de moluscos.

Lima (1985) publicou a primeira notícia sobre a ocorrência de palinórfos em sedimentos da Bacia Pernambuco-Paraíba.

Stinnesbeck & Reyment (1988) publicaram uma nota sobre a presença do ostracode *Soudanella laciniosa* Apostolescu na Formação Maria Farinha, proveniente da pedreira Poty. Segundo os autores tal espécie confirma trocas faunísticas entre o oeste da África e o Brasil no início do Paleoceno.

Coube a Muniz & Almeida (1989) as primeiras referências a perfurações em conchas e corais atribuídas a atividades de esponjas da família Clionidae. As duas formas ilustradas foram coletadas nos calcários da praia de Tambaba na Paraíba e foram incluídas no icnogênero *Entobia* Bronn. Além disso, os autores ilustraram uma forma, com reservas, atribuída ao icnogênero *Caulostrepsis* Clarke, proveniente da pedreira São Bento, município de Paulista, Pernambuco. Os materiais das duas localidades são atribuídos à Formação Maria Farinha.

Stinnesbeck (1989) publicou um trabalho sobre a fauna e microflora do limite Cretáceo-Terciário no estado de Pernambuco. Seu estudo revelou um hiato estratigráfico entre o Maastrichtiano médio ou superior e o Paleoceno inferior e também uma mudança climática na transição Cretáceo-Terciário, de um clima tropical a sub-tropical para condições temperadas. Segundo ele há uma escassez de macrofósseis na proximidade da transição, o que refletiria provavelmente uma crise ecológica iniciada antes do fim do Maastrichtiano.

Almeida & Muniz (1992) voltaram a tratar de atividades bioerosivas, documentando icnitos das formações Estiva (Bacia Pernambuco), Gramame e Maria Farinha. Sobre moldes do ostreídeo *Lopha ramicola* Beurlen, coletados em calcários da Formação Estiva do engenho Gameleira, litoral ao sul de Recife, identificaram *Entobia cretacea* Portlock. No testemunho do furo FF-8B, feito na fazenda Miramar, ao norte do estuário do rio Goiana, identificaram sobre moldes de bivalves de um calcarenito cinzento a mesma icnoespécie *E. cretacea*. Nos arenitos calcíferos da base da Formação Gramame na fazenda Garapu, Alhandra, Paraíba, identificaram freqüentes perfurações circulares em conchas preservadas, além de câmaras e canais aperturais atribuídos a *Entobia* isp.. Já nos arenitos calcíferos da fazenda Alexandrina, Conde, Paraíba, identificaram *Entobia cretacea* e uma forma não reconhecida que também ocorre no furo da fazenda Miramar. Da mesma localidade, sobre um molde de *Lopatinia (Pseudocucullaea) stantoni*, documentaram *Rogerella* isp.. Dos materiais anteriormente descritos (Muniz & Almeida, 1989), refinaram as identificações para *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro (1984) e *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro (1984). Em um molde do cefalópode *Cimomia pernambucensis* da pedreira Poty, também identificaram *Entobia cateniformis*.

Este panorama deixa claro que, apesar de alguns trabalhos de maior vulto, como os de White (1887), Oliveira (1957) e Penna (1965), além das revisões taxionômicas de Cassab (1978, 1983), faltam dados sistematizados e agrupados sobre o conteúdo macropaleontológico da Formação Maria Farinha. A unidade carece de apanhados paleontológicos e de revisões taxionômicas de praticamente todos os seus fósseis.

A ocorrência de calcários paleogênicos fossilíferos no litoral ao sul de João Pessoa, nas praias entre Jacumã e Tambaba é conhecida desde o século XIX (Branner, 1902; Beurlen, 1967; Almeida 1989; Muniz, 1993; Mabesoone, 1994), mas foi somente Almeida (2000) que descreveu parte significativa de sua flora e fauna, incluindo icnitos de macroperfuração que também serviram de motivação para o desenvolvimento do corrente trabalho. Estes calcários revelaram um expressivo conteúdo paleontológico, que inclui formas típicas da Formação Maria Farinha e outras endêmicas, tais como os moluscos bivalves *Miltha (Miltha) tabatinguensis* Almeida, *Pteria invalida* White, *Barbatia (Acar) sp. A*, *Barbatia (Acar) sp. B*, *Arca (Arca) sp. A*, *Arca (Arca) sp. B*, *Atrina sp.*, *Lithophaga (Lithophaga) sp.*, *Plicatula (Plicatula) sp.*, *Lucina (Lucina) tenella* (Rathbun), *Acanthocardia (Schedocardia) soaresanum* (White), *Ostrea sp. A*, *Ostrea sp. B*, *Chama sp.*; os gastrópodes *Nerita (Theliostyla) rinctus* (White), *Nerita (Nerita) exuberata* (White), *Cerithium freitasi* White, *Cerithium harttii* White, *Serratocerithium buarquianum* (White), *Proadusta dalliana* White, *Hipponix sp.* Cox, *Euspira pagoda* (Forbes), *Neritopsis (Neritopsis) electra* (White), *Murex ruginosa* (White); os corais *Madracis whitei* Fernandes, *Pocillopora sp.*, *Caulastrea sp.*, *Paracyatus cf. rugosus* Vaughan e *Stephanocoenia pernambucensis* Fernandes; as algas coralíneas *Archaeolithothamnium sp.* e *Mesophillum sp.* e os icnofósseis *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro, *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, *Entobia volzi* Bromley & D'Alessandro, *Rogerella* icnosp., *Gastrochaenolites* icnosp., *Trypanites* icnosp., *Caulostrepsis* icnosp. e *Ophiomorpha nodosa* Lundgren.

Almeida (2000) subdividiu os bivalves em quatro assembléias, de acordo com a disposição de suas conchas: assembléia autóctone de núcleo recifal (*Lithophaga*, *Plicatula*, *Ostrea*, *Barbatia*, *Arca* e *Pteria*); assembléia parautóctone-autóctone de núcleo recifal (*Barbatia*, *Arca*, *Plicatula*, *Ostrea*, *Acanthocardia*, *Lucina* e *Lithophaga*); assembléia parautóctone-alóctone de ante-recife (*Atrina*, *Lucina*, *Pteria* e *Acanthocardia*) e assembléia autóctone-parautóctone de laguna ante-recifal (*Miltha*). A maioria dos bivalves pertence a grupos tróficos associados a substratos duros (bissados, oscilantes, cimentados e perfurantes).

A composição faunística de moluscos e corais de Jacumã, indicou uma idade eocênica, sendo as camadas do Eoceno inferior de Gana, as que encerram as maiores afinidades com a

fauna tratada, apresentando espécies que, se não são iguais, pelo menos são muito semelhantes, além de uma composição genérica muito próxima. Almeida (2000) sugeriu que os calcários entre Jacumã e Tambaba resultariam em um sistema costeiro, protegido por recife esquelético em franja construído por corais e algas *Archaeolithothamnium*, com fácies de frente recifal, núcleo recifal, ante-recife, litoral raso e laguna-estuário com *Ophiomorpha* e bivalves do gênero *Miltha*. Isso representaria os últimos eventos do processo regressivo que resultou na deposição da Formação Maria Farinha.

CAPÍTULO

III

PALEOICNOLOGIA E MACROBIOEROSÃO

III.1. CONCEITOS GERAIS

Ao contrário das estruturas de bioturbação, cuja gênese relaciona-se à existência de substratos inconsolidados, como pegadas de vertebrados e galerias de crustáceos, as estruturas de bioerosão pressupõem a existência de substratos litificados ou duros, como rochas, madeiras, esqueletos de corais, crostas de algas coralíneas, ossos, dentes e conchas de moluscos ou braquiópodes.

Neumann (1966) introduziu o termo bioerosão para definir a “destruição e remoção de substratos líticos ou mineralizados pela ação de processos biológicos”. Posteriormente, o uso desse termo foi ampliado e aplicado também para substratos lenhosos (Bromley, 1970; Warne 1975; Ekdale *et al.* 1984). Lançando-se mão da etimologia dos verbos turbar (lat. *turbare*: agitar, perturbar, turvar) e erodir (lat. *erodere*: roer, comer, corroer, gastar, consumir), e seguindo a tendência internacional, restringe-se neste trabalho o uso do termo bioturbação para aquelas estruturas etológicas que implicam na perturbação de substratos não consolidados (lamas, areias). O termo bioerosão utiliza-se para aquelas estruturas etológicas que implicam na destruição de substratos consolidados litogênicos ou biogênicos. Como resultado de uma ação de bioturbação, têm-se uma escavação, enquanto o resultado de um processo de bioerosão pode ser uma perfuração, uma raspagem, uma cicatriz ou simplesmente uma escultura produzida num substrato lítico.

O uso do termo durofagia tem se tornado convencional e relaciona-se ao processo de perfuração de carapaças, acompanhado do adjetivo durófago para o agente gerador deste tipo de ação predatória. Os agentes de bioerosão de substratos duros genéricos também podem ser chamados bioerodentes (lat. *rodentis*: que corrói, que gasta).

Outra abordagem terminológica recai sobre o uso do conceito de predação, que somente se aplica ao consumo de um organismo (a presa) por outro organismo (o predador), estando a vítima viva no primeiro ataque da presa, excluindo-se, assim, o consumo de matéria orgânica morta ou ataque a carapaças de indivíduos mortos.

Na classificação de estruturas de bioerosão proposta por Ekdale *et al.* (1984), que combina aspectos morfológicos com categorização etológica, seis grupos são individualizados:

- perfurações (*borings*) realizadas por métodos químicos, físicos ou uma combinação de ambos com finalidade de habitação. Nessa categoria se enquadram as perfurações em restos esqueléticos (*Entobia*, *Rogerella*, *Maeandropolydora*, *Trypanites*, *Caulostrepsis*) e as perfurações indiscriminadas em restos esqueléticos, rochas ou madeiras (*Gastrochaenolites*, *Teredolites*);
- cicatrizes (*etching*) deixadas por organismos epilíticos sobre conchas e carapaças de organismos vivos ou mortos que lhes servem de substrato para fixação, por cimentação direta ou através de bissos (*Lacrimichnus*, *Centrichnus*, *Petroxestes*);
- orifícios predatórios (*drill holes*) produzidos por brocagem em conchas, especialmente de moluscos bivalves, com finalidade predatória (*Oichnus*);
- estruturas resultantes de incrustação (*embedment structures*) geradas pelo crescimento de organismos hospedeiros em relação aos organismos neles aderidos;
- quebras ou traumatismos (*cropping*) produzidos por impactos com finalidade predatória gerados por crustáceos durófagos e peixes em conchas de gastrópodes e moluscos bivalves (*Bellichnus*);
- marcas de raspagens ou arranhões (*rasping-scratching*) produzidas na superfície de fundos litificados ou conchas por organismos em busca de alimento (*Gnatichnus*, *Radulichnus*).

Os paleoicnólogos que se dedicam ao universo da macrobioerosão estão cada vez mais atentos aos fenômenos que envolvem a formação das perfurações verdadeiras e, portanto, daquelas consideradas pseudoperfurações (*pseudoborings*). Dois termos recentemente inseridos na bibliografia paleoicnológica, bioemparedamento (*bioimmuration*) e bioenclausuramento (*bioclaustration*), estão se tornando cada vez mais recorrentes na bibliografia acerca de organismos de substratos consolidados, sendo o segundo termo um tipo especial de bioemparedamento. Genericamente, o bioemparedamento (Taylor, 1990; Taylor & Todd, 2001) diz respeito à moldagem de um organismo incrustante, como um biozóario, por

outro incrustante, como uma crosta de alga coralínea. Nesse caso fica preservado um espaço que lembra, grosso modo, uma perfuração ou mesmo o preenchimento desse molde, à semelhança da moldagem de canais e câmaras entobianas. Já o bioenclausuramento, ou pseudoperfuração, (Palmer & Wilson, 1988), forma-se quando um organismo epibionte de corpo mole (Radwanski & Baluk, 1997), vivendo aderido à concha de um hospedeiro, é envolvido por esse último, gerando uma rugosidade com espaço vazio deixado pela decomposição do epibionte. Várias dessas formas de pseudoperfuração têm recebido tratamento icnotaxonômico, como *Clavatulicola evaephilus* Radwanski & Baluk, 1997, icnoespécie criada para rugas geradas pelos gastrópodes miocênicos *Clavatulula* em resposta à presença de um simbiote de corpo mole. Entre os icnogêneros de bioenclausuramento estão: *Chaetosalpinx*, *Phragmosalpinx*, *Torquaysalpinx*, *Helicosalpinx*, *Streptindytes*, *Hicetes*, *Burrinjuckia*, *Diorygma*, *Catellocauta* e *Tremichnus*. O icnogênero *Tremichnus* Brett, 1985 é interpretado como um caso misto entre estrutura de bioenclausuramento e perfuração verdadeira, sendo gerado especialmente em crinóides.

Outro fenômeno que tem chamado atenção e que está relacionado com os organismos de substratos consolidados é o xenomorfismo (*xenomorphism*), que corresponde à replicação de feições do substrato consolidado por organismos incrustantes, como ocorre em conchas de bivalves cimentados (Damboreana, 2002) e braquiópodes (Baird & Brett, 1983).

III.2. AGENTES BIOEROSIVOS

Os bioerodentes incluem um amplo leque de organismos, nos quais estão englobados aqueles que produzem microperfurações (bactérias, fungos, algas e protozoários) e os que produzem macroperfurações (briozoários, celenterados, equinóides, bivalves, gastrópodes, poliquetas, peixes, esponjas, estomatópodes, cirrípedes acrotorácicos e outros crustáceos, sipunculídeos, polioplacóforos, braquiópodes e insetos). O segundo grupo, escopo deste trabalho, compreende as estruturas detectáveis diretamente ou com lupas manuais, incluindo icnogêneros resultantes da perfuração de esponjas (*Entobia*), de vermes (*Trypanites*, *Caulostrepsis*, *Meandropolydora*), de foronídeos (*Talpina*, *Conchotrema*), de cirrípedes (*Rogerella*), de bivalves (*Gastrochaenolites*, *Teredolites*) e de gastrópodes e cefalópodes (*Oichnus*). Já as microperfurações somente são visíveis com o uso de instrumentos de aumento, sendo muito conhecidas as microestruturas resultantes da ação de algas, bactérias,

fungos e protozoários (Golubic *et al.* 1975; Ekdale *et al.* 1984). Segundo Taylor *et al.* (1999) existem três categorias de tamanhos de estruturas bioerosivas: as microperfurações, resultantes da ação de fungos, bactérias e algas e somente visíveis com o uso de microscopia eletrônica; as macroperfurações resultantes de ações principalmente de bivalves, esponjas e vermes; e uma categoria intermediária, visível sem equipamentos de aumento, mas somente possível de análise com o uso de lupas ou microscópios óticos. Esta categoria intermediária inclui o icnogênero *Radulichnus* resultante de raspagens de moluscos (Voigt, 1977), *Gnaticnus*, resultante de raspagens do substrato através da lanterna de Aristóteles de equinóides (Bromley, 1975), pequenas cavidades de aderência de pedículos de braquiópodes que resultam no icnogênero *Podichnus* (Bromley & Surlyk, 1973), perfurações de briozoários Ctenostomata (*Pennaticnus*, *Pinaceocladichnus*) e cicatrizes de briozoários incrustantes Cheilostomata (*Leptichnus*).

O trabalho bioerosivo resulta em cavidades rasas e longas, quando produzidas por organismos vermiformes, em formato de clava, quando gerados por bivalves ou escultóricas redes de galerias e câmaras, quando geradas por esponjas. Outro significativo conjunto, mais superficial, resulta de arranhões, raspagens e aderências provocados por equinóides, briozoários, gastrópodes, ostreídeos e outros organismos incrustantes.

Dois métodos essenciais de desgaste são usados pelos organismos bioerodentes nos ataques a substratos rochosos, conchas, ossos, esqueletos e madeiras: (i) processos de escavação mecânicos ou físicos, que incluem atos de brocar, raspar e arranhar e (ii) dissolução química de substratos de carbonato de cálcio. O processo químico pode ser um primeiro passo para uma escavação mecânica mais fácil, num substrato já amolecido. Um método menos importante é o choque (punctura), onde uma estrutura pontiaguda pode ser lançada violentamente sobre a vítima, como descrito por Pether (1995) para estomatópodes lanceiros.

III.2.1. Esponjas

As conchas e esqueletos calcários de animais mortos e vivos propiciam um substrato ideal para as esponjas perfuradoras da família Clionidae (Desmospongiae). Espécies dessa família, especialmente pertencentes ao gênero *Cliona*, são conhecidas como os maiores agentes de bioerosão em ambientes recifais atuais. A capacidade de invasão de *Cliona* e sua influência no crescimento dos recifes de corais têm sido largamente documentadas (Goreau &

Hartman, 1963; Neumann, 1966; Rützler, 1975). O processo de perfuração de substratos calcários por esponjas resulta em complexas estruturas dotadas de canais exploratórios, galerias, câmaras e aberturas. A nomenclatura para estudo dessas estruturas foi inicialmente estabelecida por Bromley & D'Alessandro (1984) tomando como base a série de icnoespécies dita entobiana.

Nos ambientes atuais as pequenas perfurações provocadas por esponjas da família Clionaidae são preenchidas por seus tecidos amarelados. Suas células entalhadoras trabalham quimicamente raspando partículas de carbonato e envelopando-as para serem expelidas por ósculos na corrente marinha. Outra parte é raspada mecanicamente e também expelida. Esse processo não configura um fenômeno de predação, estando mais relacionado com a proteção da esponja (Fig. 4). A identificação das espécies viventes baseia-se na forma e tamanho das espículas e, como nas icnoespécies fósseis, nos formatos das galerias (Fig. 5).

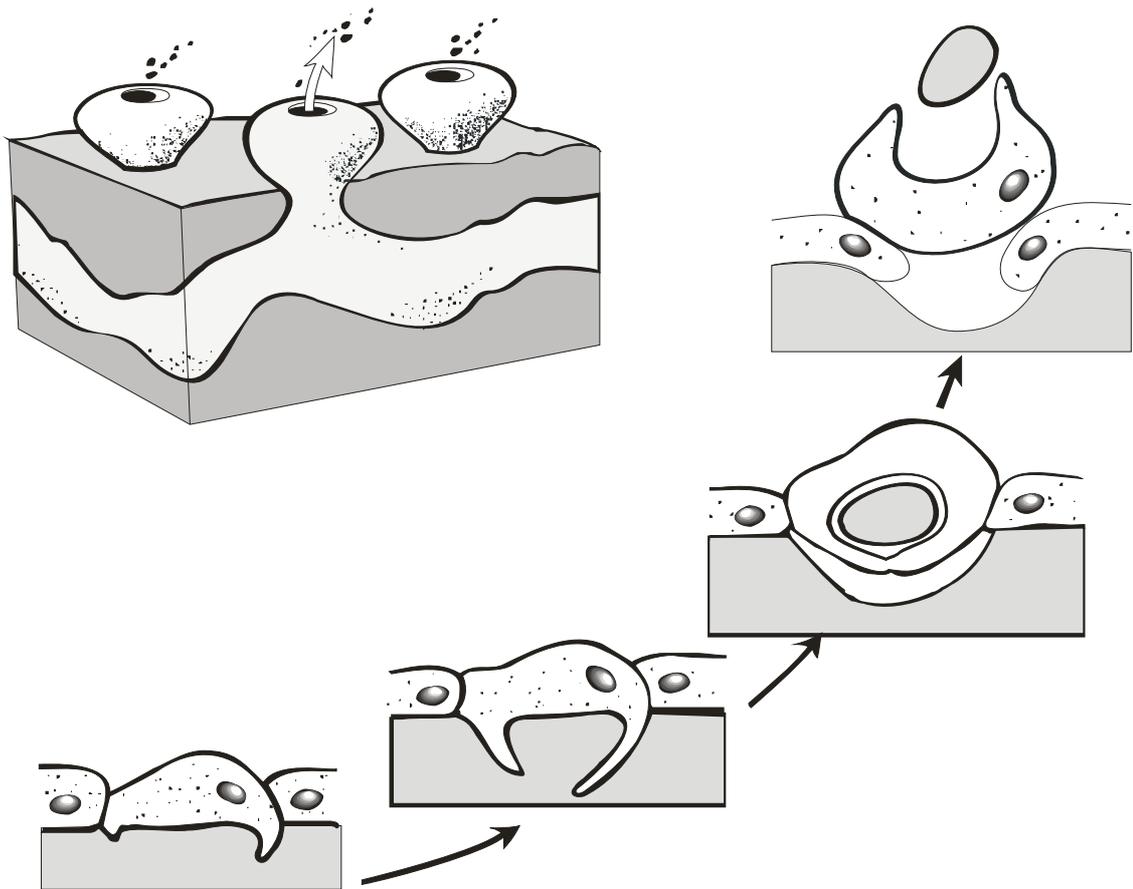


Figura 4. Modelo de esponja Clionaidae perfurando concha. Células entalhadoras raspam quimicamente as partículas de carbonato que são envelopadas e expelidas pelos ósculos. Modificado de Ruppert *et al.* (2005).

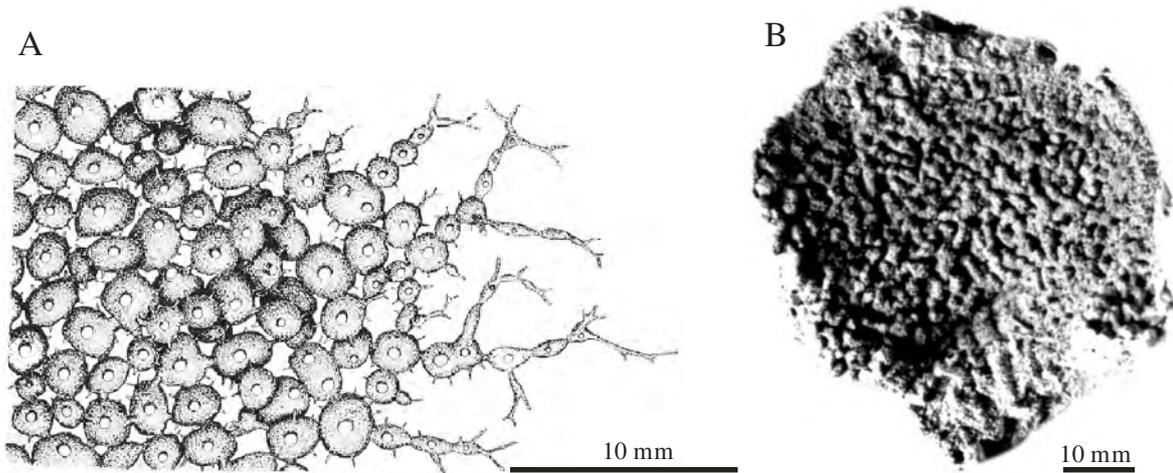


Figura 5. A. representação esquemática de *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro (1984) exibindo canais exploratórios e arcabouço apertado de câmaras ovais com tendência a arrumação em fileiras; B. *Entobia ovula* da Formação Maria Farinha (Tambaba, Paraíba) com arcabouço bem desenvolvido de câmaras quase coalescentes.

Três tipos de ação perfurante têm sido documentados para as esponjas: (i) exclusivamente mecânica; (ii) dissolução química do carbonato de cálcio por ação de agente ácido e (iii) penetração quimio-mecânica, onde o substrato é parcialmente dissolvido ou amolecido quimicamente e subsequentemente raspado. Goreau & Hartman (1963) avaliaram as grandes quantidades de materiais sílticos resultantes da ação erosiva de Clionidae em recifes coralíneos e sua importância na ecologia da comunidade recifal.

As esponjas perfurantes não são parasitas verdadeiros, tendo em vista que não retiram seus nutrientes das partes orgânicas dos organismos hospedeiros, limitando suas ações à matriz calcária de suas conchas e carapaças. Muitas espécies do gênero *Cliona* são largamente conhecidas como invasores implacáveis de conchas. No entanto, não são todas as espécies que apresentam esse hábito perfurante, muitas evoluem de um estágio larval para uma forma incrustante e posteriormente para a esponja final maciça.

III.2.2. Anelídeos

Os registros corporais de anelídeos são extremamente raros, porém, as marcas de suas perfurações são muito comuns no registro geológico, especialmente em restos esqueléticos paleozóicos de bivalves, gastrópodes, cefalópodes, corais, estromatoporóides, crinóides,

braquiópodes e esqueletos de algas calcárias. Muitas vezes o termo tubo é usado para denominar tais estruturas resultantes da perfuração de um anelídeo, mas raramente um tubo verdadeiro, secretado, está presente em torno de um molde interno de uma perfuração (Fig. 6).

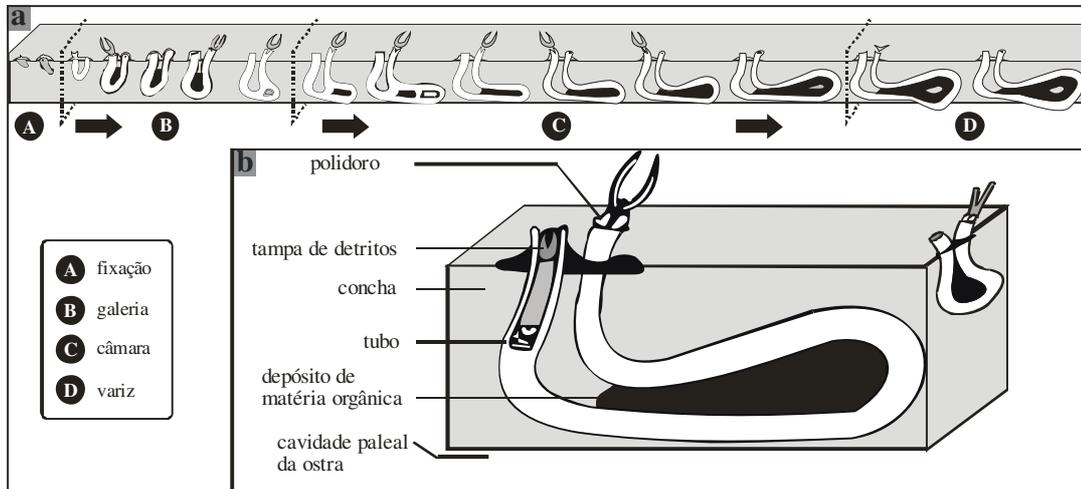


Figura 6. a. Criação e fixação de uma galeria de *Polydora*; b. vista em corte de galeria dobrada numa concha de ostra, exibindo entre os limbos a formação de depósito de matéria orgânica em preto, que pode corresponder nos icnofósseis *Caulostrepsis* e *Maeandropolydora* à aspa (Ruellet, 2004).

Um famoso perfurador de conchas é o poliqueta espionídeo *Polydora ciliata* (Johnston), responsável por perfurações alongadas e encurvadas em U. Os métodos de perfuração variam de acordo com os diferentes grupos de anelídeos, mas em *Polydora* sabe-se que os meios mecânicos são muito importantes, envolvendo fortes mandíbulas.

Segundo Ruellet (2004), as larvas dos polidoros se fixam nas conchas, especialmente de ostras, perfurando-as em seguida por meios químicos e mecânicos, para em seguida criar uma galeria em U, onde a larva se desenvolve. Com a evolução, a galeria tem seus limbos (ramos do U) afastados e em sua área central se acumulam os detritos, o que em formas fósseis (*Caulostrepsis* e *Maeandropolydora*) pode corresponder a uma estrutura conhecida como aspa. Normalmente o hospedeiro reage à formação da galeria gerando uma variz e convivendo com o hóspede sob regime de simbiose.

III.2.3. Sipunculídeos

Os sipunculídeos desenvolveram bastante o hábito perfurador, especialmente em ambientes coralíneos e rochas praias. Produzem suas cavidades nos corais usando

procedimentos mecânicos ajudados por secreções corrosivas, acarretando em cavidades retas a curvas com entradas únicas ovais ou circulares, menores que o interior das cavidades. Devido à forma de clava, as perfurações de sipunculídeos podem, em análises pouco minuciosas, ser confundidas com perfurações claviformes de moluscos bivalves, especialmente *Gastrochaenolites*, apesar das dimensões menores. Suas perfurações são geralmente curvas, claviformes e não ramificadas, mas têm sido pouco identificadas no registro fóssilífero. Mägdefrau (1932) definiu perfurações atribuídas a sipunculídeos no icnogênero *Trypanites*. A figura 7 exhibe representação de sipunculídeo e exemplos de indivíduos recentes, além de uma perfuração relativamente semelhante ao icnogênero *Gastrochaenolites*.

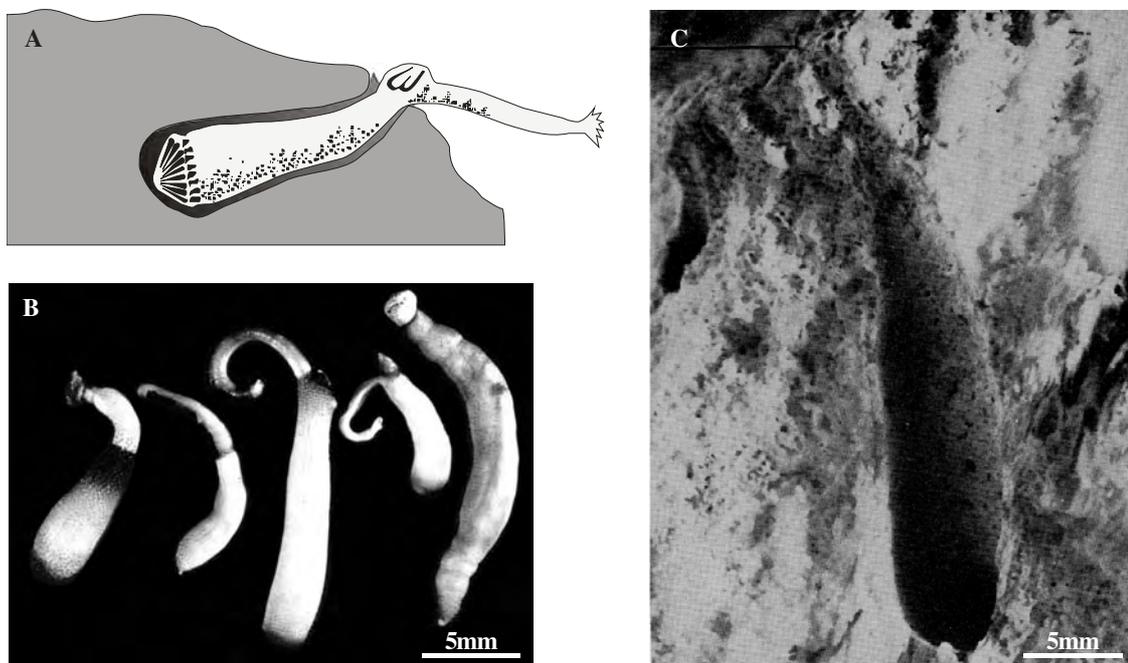


Figura 7. A. Representação do sipunculídeo perfurador recente *Aspidosiphon* exibindo escudo anal calcário que fecha a abertura da perfuração quando o indivíduo se contrai (a partir de Ruppert *et al.*, 2005); B. Grupo de sipunculídeos perfuradores coletados em calcários coralíneos do Caribe e Oceano Índico e C. Perfuração claviforme do recente *Phascolosoma antillarum* (Rice, 1969).

III.2.4. Cirrípedes

Os cirrípedes da ordem Acrothoracica produzem minúsculas fendas em conchas de moluscos bivalves, balanomorfos, briozoários, esqueletos de corais e substratos consolidados para a proteção de seus corpos moles, desprovidos de estruturas mineralizadas presentes nos

outros cirrípedes. Para tanto, os pequenos cirrípedes acrotorácicos usam seus aparatos de dentes quitinosos ajudados por substâncias químicas para acomodar seus corpos sem placas calcárias, que aderem pelo dorso à cavidade do substrato. A forma da abertura das perfurações é normalmente de gota alongada de alguns milímetros de comprimento e menos de 1 mm de largura. Nas formas viventes, a forma da abertura auxilia a identificação das famílias. A figura 8A mostra uma representação de uma larva de acrotorácico aninhando-se em sulco de concha, posições preferenciais sobre restos esqueléticos de conchas (figuras 8B, C e D) e um espécime fóssil de *Rogerella* representado pelo preenchimento da cavidade sobre um molde de bivalve do gênero *Barbatia*, da Formação Maria Farinha.

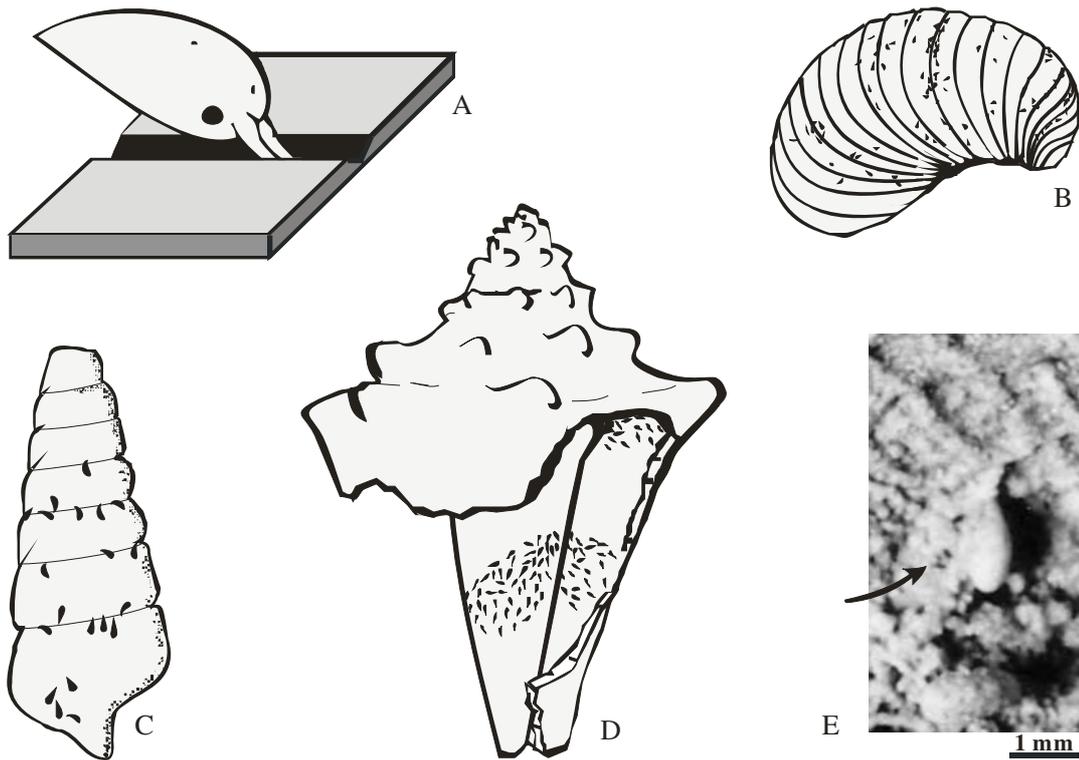


Figura 8. A. larva de cirrípede acrotorácico aninhando-se em sulco de concha de molusco; B. posicionamento preferencial das perfurações ao longo de linha de crescimento de *Gryphaea*; C. posicionamento preferencial das perfurações ao longo das suturas de gastrópode *Ceritiella*; D. posicionamento de perfurações de cirrípedes em concha de gastrópode ocupada por caranguejo eremita, notando-se as faixas de perfurações ao lado da faixa central que estava ocupada pelo abdômen do caranguejo (a partir de Seilacher (1969)); E. *Rogerella* isp. em molde de concha do bivalve *Barbatia* sp. da Formação Maria Farinha (Tambaba, Paraíba).

III.2.5. Moluscos bivalves

Os moluscos bivalves perfuradores são conhecidos por colonizar uma ampla gama de substratos organogênicos e inorgânicos, incluindo rochas, madeiras, corais, esteiras algáticas e conchas de outros moluscos. Em sua maioria, aplicam processos mecânicos para produzir suas perfurações, usando as valvas como grosas para erodir o substrato duro e produzir galerias que têm início logo após o assentamento da larva sobre a superfície do substrato. Como o processo tem início na fase juvenil dos organismos, as aberturas das estruturas têm sempre diâmetro menor do que o interior da cavidade, onde o bivalve cresce aprisionado e fixado por pés modificados (Kelly & Bromley, 1984). As superfícies anteriores das valvas são geralmente ásperas e serrilhadas para a abrasão. Alguns bivalves perfuradores giram em torno de seus eixos longitudinais, resultando em cavidades de seções transversais circulares, enquanto outros mantêm posições mais constantes e, portanto, suas perfurações refletem mais a morfologia de suas conchas. Representantes do gênero *Gastrochaena* desenvolvem aberturas separadas para a saída dos sífões inalante e exalante. Tais aberturas, contíguas ou não, podem ser identificadas nas perfurações relacionadas ao icnogênero *Gastrochaenolites*. O bivalve atual *Gastrochaena hians* (Gmelin) foi documentado por Bromley (1978) em corais nos recifes das Bermudas. A perfuração originada por esta espécie apresenta a cavidade principal revestida por aragonita, bem como a chaminé dos sífões revestida pela mesma substância, o que permite que a chaminé se projete além da superfície do substrato.

Bivalves do gênero *Lithophaga* usam processos químicos para a perfuração, geralmente ligados à secreção de um agente quelante que tem a função de amolecer o substrato, que é subsequente retirado pelo movimento da concha. Segundo Ruppert *et al.* (2005), espécies que perfuram esqueletos de corais vivos têm glândulas cujas secreções impedem que os corais depositem carbonato de cálcio fechando as perfurações. Vários gêneros de bivalves litófagos recentes apresentam espécies endolíticas, como *Spengleria*, *Botula*, *Petricola* e *Gregariella*, mas são poucas as referências à morfologia de suas perfurações. Já os bivalves Teredinidae são famosos perfuradores de madeiras, deixando longas galerias que têm sido agrupadas no icnogênero *Teredolites*. A figura 9 exibe uma representação gráfica de cortes de *Lithophaga* (A), *Gastrochaena* (B), *Spengleria* (C), além de moldes internos de *Gastrochaenolites* (D) da Formação Itamaracá.

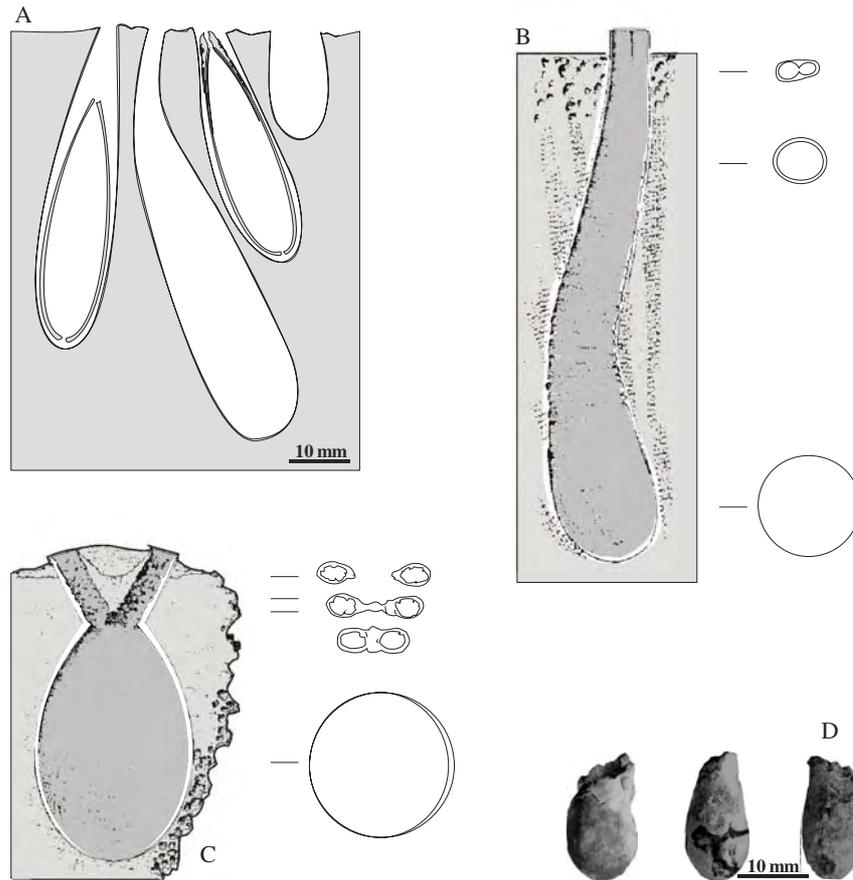


Figura 9. A. Cortes esquemáticos de *Gastrochaenolites*, dois deles exibindo concha do bivalve perfurante *Lithophaga*; B. feição de perfuração do bivalve *Gastrochaena* com corte transversal circular na parte mais profunda da perfuração, oval na sua parte mais estreita e com dupla na parte próxima à abertura; C. feição da perfuração de *Spengleria* com suas seções circular e duplas; D. exemplares de moldes internos de *Gastrochaenolites* isp. da Formação Itamaracá, Fazenda Alexandrina, Paraíba (figuras A, B e C de Bromley, 1978).

III.2.6. Gastrópodes

Alguns gêneros de gastrópodes carnívoros (*Urosalpinx*, *Eupleura*, *Ocenebra*, *Thais*) são adaptados para o ataque a uma grande variedade de outros gastrópodes e bivalves. Os orifícios resultantes de seus ataques estão ligados a atos predatórios. Estudos levados a cabo por McGraw & Gunter (1972) indicam que *Thais haemastoma* (Linnaeus, 1767) utiliza uma secreção parolítica - produzida pela glândula hipobranquial - no ataque a ostras. Segundo Bromley (1981), a maioria dos registros de atividades predatórias produzidas por gastrópodes está associada ao icnogênero *Oichnus* (Fig. 10).

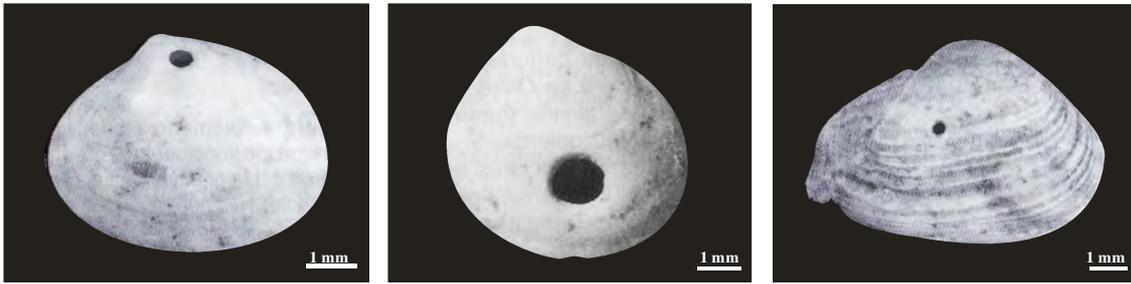


Figura 10. Três exemplares de *Oichnus* isp. em bivalves do Pleistoceno Tardio – Holoceno do Uruguai (Lorenzo & Verde, 2004).

Alguns gastrópodes estão adaptados ao hábito sésil, prendendo-se firmemente aos substratos. Representantes da família Vermitidae têm concha juvenil bastante enrolada, tornando-se mais linear quando adultos. Este hábito normalmente pode ser identificado por sulcos espiralados na superfície de conchas, esponjas, corais e algas coralíneas, sendo agrupados no icnogênero *Renichnus* Mayoral, 1987.

III.2.7. Gastrópodes herbívoros e moluscos poliplacóforos.

Muitos gastrópodes utilizam um órgão raspador, a rádula, para pastar nutrientes na superfície de fundos rochosos ou conchas. As rádulas são dotadas de dentes (entre 16 e milhares), arranjados em fileiras transversais ao longo de esteiras longitudinais (Fig. 11). Gêneros como *Patella*, *Haliotis*, *Lanistes* e *Buccinum*, são dotados de rádulas (Ruppert *et al.*, 2005).

Os poliplacóforos também são importantes pastadores dotados de rádula, capazes de raspar nutrientes e partículas minerais. A espécie *Nuttalina californica* é capaz de raspar substratos rochosos e gerar cavidades profundas em zonas intermarés (Ruppert *et al.*, 2005).

As ranhuras resultantes da ação das rádulas de gastrópodes e poliplacóforos são responsáveis pelos icnogêneros *Radulichnus* (Voigt, 1977).

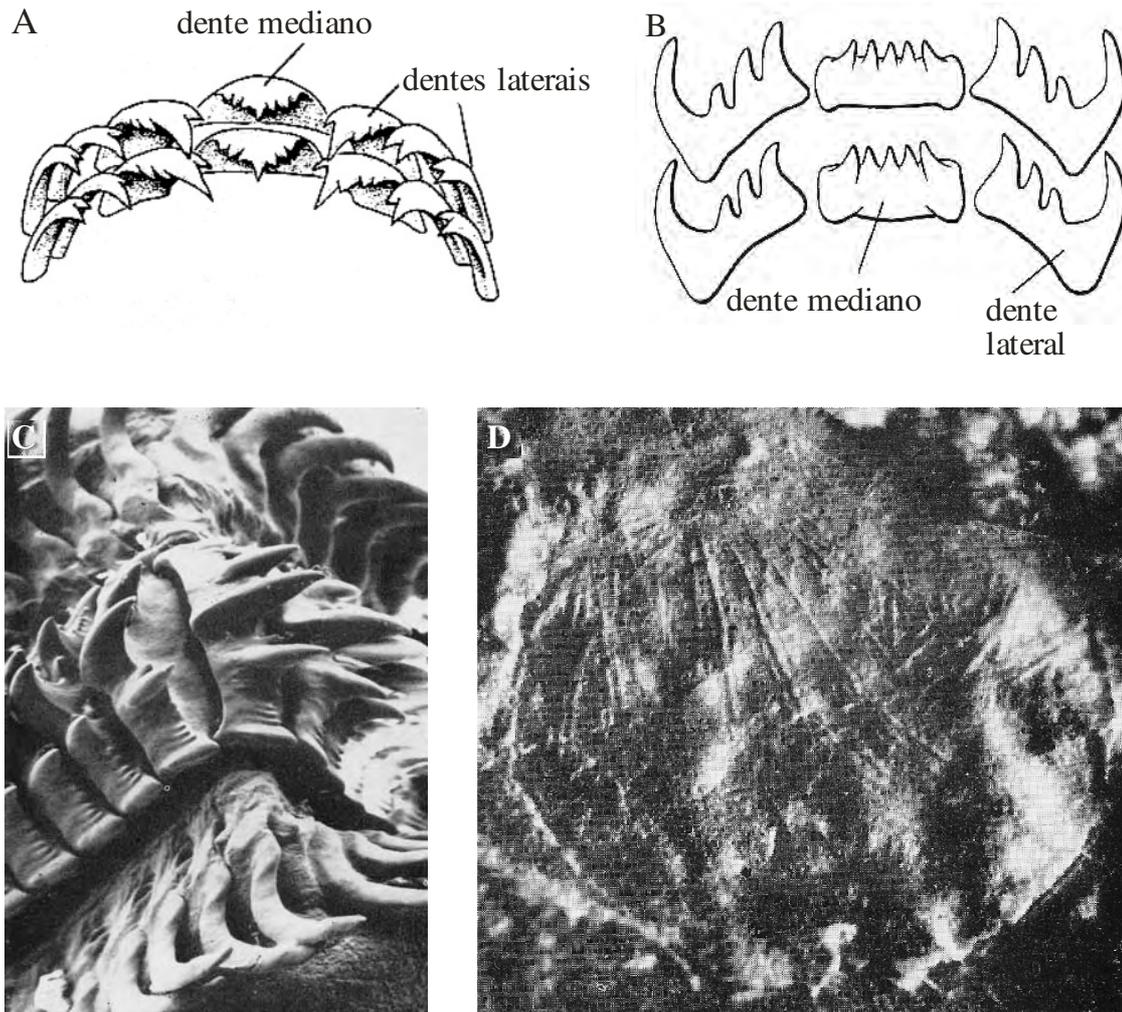


Figura 11. A. rádula com duas fileiras de dentes do mesogastrópode *Lanistes* e B. rádula do neogastrópode *Buccinum* (seg. Ruppert *et al.*, 2005); C. Detalhe de rádula de *Urosalpinx cinera* follyensis Baker e D. ranhuras produzidas por *Mya arenaria* Linnè (Carriker, 1969).

III.2.8. Equinóides

Os equinóides são grandes agentes bioerosivos e grandes controladores do crescimento de algas coralíneas, deixando superfícies rochosas em costões e ambientes marinhos rasos de alta energia intensamente erodidos (Fig. 12). Equinóides regulares que se alimentam de algas calcárias incrustantes deixam marcas penta-radiais, características do substrato raspado pela ação de suas lanternas de Aristóteles. Os icnogêneros *Circolites* Mikuláš, 1992 e *Planavolites* Mikuláš, 1992 estão relacionados ao primeiro conjunto de estruturas de erosão de substratos rochosos, enquanto que *Gnaticnus* Bromley, 1975, relaciona-se às raspagens em carapaças.

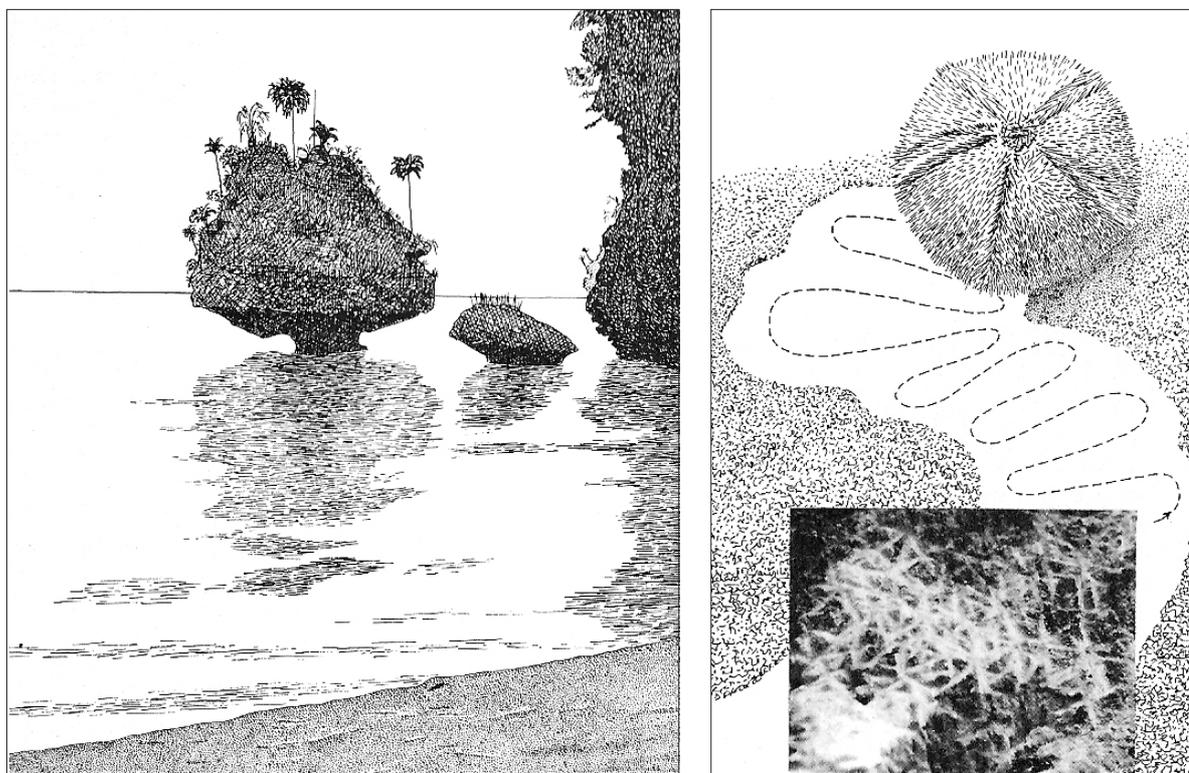


Figura 12. Vista de uma ilha exibindo intensa erosão na zona intermarés por equinóides e detalhe da ação raspadora. (Bromley, 1975).

III.2.9. Crustáceos

Os crustáceos marinhos Stomatopoda são grandes predadores de pequenos peixes, caranguejos, camarões e moluscos. Seus apêndices raptorais têm grande poder mecânico, gerando fraturas diversas em conchas de moluscos. Pether (1995) documentou esse tipo de ação criando o icnogênero *Belichnus*, que difere de *Oichnus* fundamentalmente pelas feições retas claramente ligadas a quebras e não a brocagens (Fig. 13).

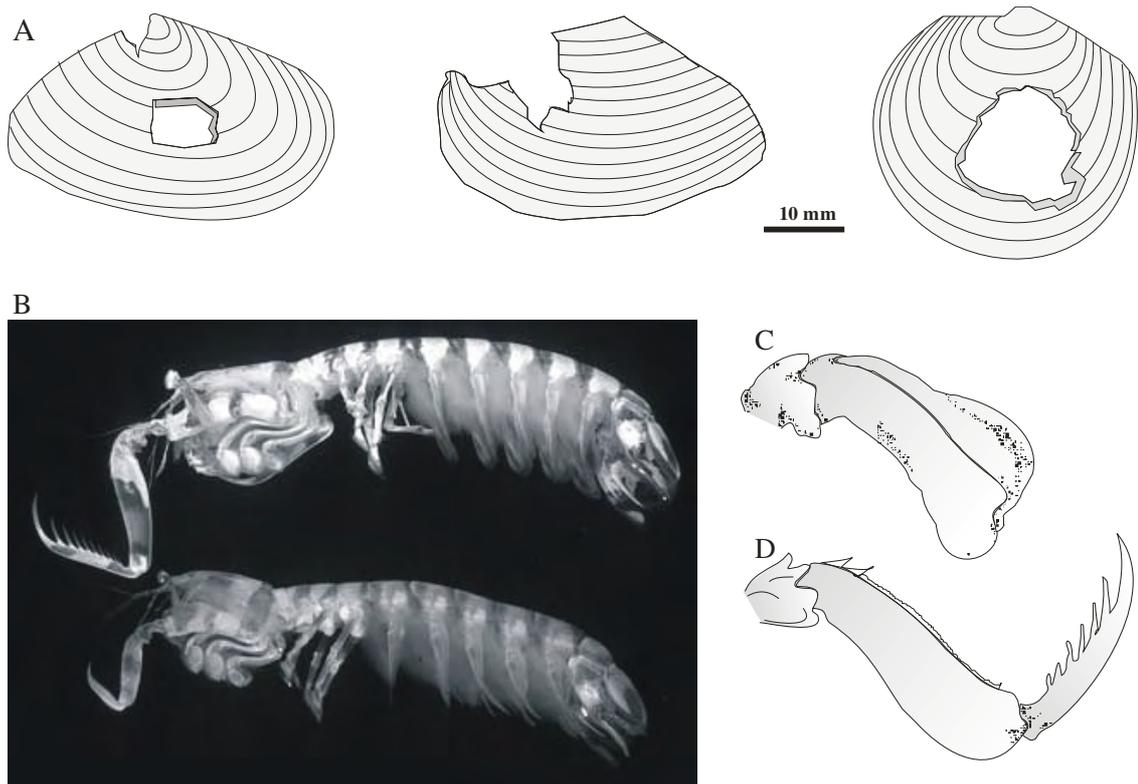


Figura 13. A. Fraturas provocadas por estomatópodes em conchas de bivalves, resultando no icnogênero *Belichnus* Pether, 1995; B. Par de espécimes adultos de estomatópodes *Lysiasquilla maculata* (Fabricius) (www.ucmp.berkeley.edu/arthropoda/crustacea/malacostraca/eumalacostraca/); Apêndices usados por crustáceos estomatópodes para romper conchas de moluscos: C. apêndice de *Gonodactylus chiragra* (Fabricius) dobrado; D. apêndice estendido de *Pterygosquilla armata capensis* Manning.

III.2.10. Organismos incrustantes (briozoários, gastrópodes, bivalves, cirrípedes balanomorfos, anelídeos poliquetas)

Os organismos incrustantes de substratos duros e suas estruturas resultantes têm recebido especial atenção nos últimos anos (Bromley & Heinberg, 2006; Taylor & Wilson, 2002). Cicatrizes, perfurações rasas e uma série de gravuras em baixo-relevo revelam hábitos sésseis de organismos incrustantes ou cimentados como briozoários, crinóides, foraminíferos, cirrípedes, bivalves, braquiópodes ou gastrópodes vermitídeos, sendo a fixação direta, por bissos, pedículo ou outras estruturas. Icnogêneros como *Centrichnus*, *Lacrimichnus*, *Leptichnus*, *Pennatichnus*, *Podichnus*, *Pinaceocladichnus*, *Renichnus*, *Stellichnus* e *Anellusichnus* estão associados aos hábitos de fixação por parte de variados organismos. Na figura 14 pode-se ver alguns exemplos de estruturas de bioerosão resultantes de briozoário

(*Leptichnus peristroma*), cirrípede (*Centrichnus concentricus*), braquiópode (*Podichnus centrifugalis*) e bivalve anomíideo (*Centrichnus eccentricus*).

Os icnofósseis de estruturas de fixação raramente eram identificadas, permanecendo anônimos na superfície de seus hospedeiros – entidades tratadas como os verdadeiros fósseis – em praticamente todas as coleções de invertebrados, no entanto, com a grande variedade de estruturas bioerosivas identificadas, constata-se que este procedimento vem alterando-se ultimamente.

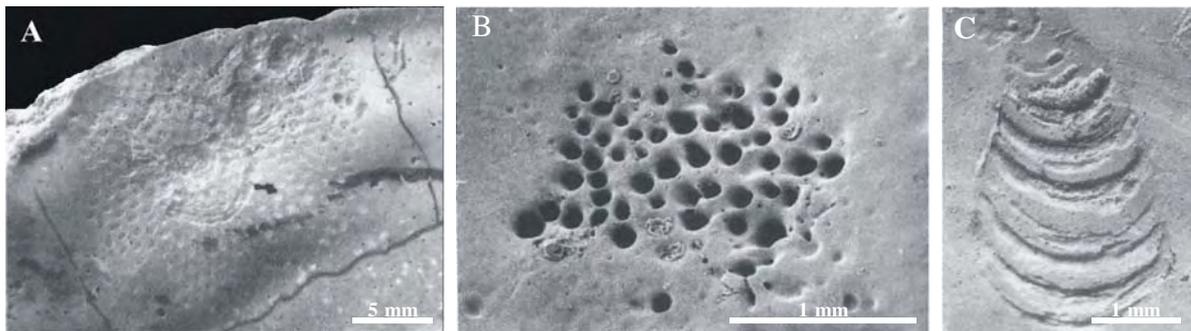


Figura 14. Exemplos de estruturas de fixação. A. *Leptichnus peristroma*, um icnito de briozoário (covas rasas radiais) e *Centrichnus concentricus* provocado por cirrípede (a cicatriz circular no centro); B. *Podichnus centrifugalis*, uma marca deixada por pedículo de braquiópode; C. *Centrichnus eccentricus*, um icnito produzido pela fixação de bisco de bivalve anomíideo (Gibert *et. al.*, 2004).

III.2.11. Cefalópodes

As perfurações predatórias provocadas por cefalópodes atuais, especialmente por representantes do gênero *Octopus*, têm sido significativamente documentadas (Pilson & Taylor, 1961; Arnold & Arnold, 1969; Wodinsky, 1969).

Os cefalópodes atacam conchas principalmente de gastrópodes, mas também de bivalves, perfurando orifícios que dão acesso ao interior das conchas, matando e digerindo as presas. Num experimento realizado por Pilson & Taylor (1961) verificou-se um grande conjunto de orifícios gerados em presas submetidas a indivíduos de *Octopus*, sendo os maiores com diâmetros externos de 3,2 mm e internos de 0,6 mm.

De acordo com Wodinsky (1969), os tamanhos dos orifícios, suas configurações, suas quantidades por concha e suas distribuições na superfície das carapaças das presas, dependem da espécie que é atacada, da espessura e resistência das conchas e também do tamanho do

predador. Segundo o mesmo autor, o processo de desgaste pode ser ouvido com o uso de hidrofones e deve ser um misto de ação química e mecânica, gerando desde orifícios lisos até os mais complexos com estrias provocadas pela rádula.

III.2.12. Briozoários ctenostomados

Os briozoários ctenostomados foram associados por Boekschoten (1970) como responsáveis pela produção de estruturas longas em forma de túneis em arcabouços irregulares, com aberturas mais ou menos arredondadas situadas em posições alternadas ladeando tais túneis. O icnogênero *Iranema* foi definido para tais estruturas, que segundo Gibert *et al.* (1998) somente foi documentado na superfície de ostras e pectinídeos.

III.2.13. Peixes

Os peixes têm uma influência significativa no crescimento e modelado dos recifes de corais atuais (Gygi, 1969; Cloud, 1959; Bardach, 1961; Bakus, 1966; Gygi, 1975; Bromley, 1978). De acordo com Yip & Madl (2007) pelo menos 68% das espécies de peixes habitantes de recifes de corais são carnívoras e erodem o substrato coralíneo, raspando o substrato de corais e algas coralíneas e provocando danos nas colônias. Peixes-barbeiro (Acanthuridae) e peixes-papagaio (Scaridae) são os principais grupos com representantes raspadores, sendo alguns Scaridae capazes de produzir galerias profundas. Os peixes cangulos (Balistidae), peixes-lima (Monacanthidae) e baiacus (Tetraodontidae) também são grandes responsáveis por erosão em colônias de corais. Os peixes responsáveis por erosão em recifes podem ser divididos de acordo com seus processos em (Yip & Madl, 2007): pastadores que raspam (Scaridae), coletores que quebram (Tetraodontidae, Balistidae) e sugadores que também raspam (Chaetodontidae). Segundo os mesmos autores, a taxa de erosão de substrato carbonático associada aos peixes pode suplantar muito a de outros bioerodentes, como esponjas, vermes, bivalves e equinóides, chegando a 1.000 kg por metro quadrado de área superficial de recife por ano.

III.3. ICNOTÁXONS ASSOCIADOS A ESTRUTURAS DE MACROBIOEROSÃO

Como já foi apontado anteriormente, os icnotáxons de uma forma geral ainda não dispõem de uma sistematização já atingida pela maioria dos grupos de fósseis corporais. Dentro desse cenário, os icnofósseis de macrobioerosão são ainda menos conhecidos e sistematizados.

Durante a realização deste trabalho, revelou-se a necessidade de revisão de alguns icnotáxons, como *Vermiforichnus*, *Talpina* e *Conchotrema*.

Alguns nomes de fósseis corporais, ainda aplicados a icnofósseis devem ser abandonados, como *Simonizapfes*, *Zapfella*, *Brachyzapfes*, *Spathipora*, *Foraripora* e *Penetrantia*. A chave de identificação em anexo pretende sanar algumas lacunas da taxonomia dessa categoria de icnofósseis e auxiliar nas identificações e busca de icnoespécies.

O levantamento realizado resultou na seguinte lista de icnogêneros válidos: *Anellusichnus* Santos, Mayoral & Muñiz, 2005; *Centrichnus* Bromley & Martinell, 1991; *Lacrimichnus* Santos, Mayoral & Muñiz, 2003; *Leptichnus* Taylor, Wilson & Bromley, 1999; *Podichnus* Bromley & Surlyk, 1973; *Renichnus* Mayoral, 1987; *Tremichnus* Brett, 1985; *Curvichnus* Nielsen, 2002; *Radulichnus* Voigt, 1977; *Gnatichnus* Bromley, 1975; *Circolites* Mikuláš, 1992; *Planavolites* Mikuláš, 1992; *Rogerella* Saint-Seine, 1951; *Umbicchnus* Martinell, Doménech & Bromley, 1999; *Palaeosabella* Clarke, 1921; *Petroxestes* Wilson & Palmer, 1988; *Gastrochaenolites* Leymerie, 1842; *Phrixichnus* Bromley & Asgaard, 1993a; *Trypanites* Mägdefrau, 1932; *Vermiforichnus* Cameron, 1969; *Helicotaphrichnus* Kern, Grimmer & Lister, 1974; *Lapispecus* Voigt, 1970; *Klemmatoica* Tapanila & Holmer, 2006; *Sanctum* Erickson & Bouchard, 2003; *Talpina* von Hagenow, 1840; *Conchotrema* Teichart, 1945; *Clionoides* Fenton & Fenton, 1932; *Spirichnus* Fürsich, Palmer & Goodyear, 1994; *Cicatrícula* Palmer & Palmer, 1977; *Clionolithes* Clarke, 1908; *Ichnogutta* Botquelen & Mayoral, 2005; *Stellichnus* Mayoral, 1987; *Iranema* Boëkschoten, 1970; *Pennatichnus* Mayoral, 1988; *Pinaceocladichnus* Mayoral, 1988; *Caulostrepsis* Clarke, 1908; *Maeandropolydora* Voigt, 1965; *Ramosulcichnus* Hillmer & Schutz, 1973; *Cunctichnus* Fürsich, Palmer & Goodyear, 1994; *Entobia* Bronn, 1837-38; *Oichnus* Bromley, 1981 e *Belichnus* Pether, 1995.

A tabela 2 foi produzida a partir de uma ampla busca bibliográfica em trabalhos acerca de organismos endolíticos e epilíticos atuais e fósseis e reúne dados dos principais grupos de

invertebrados que provocam macrobioerosão em ambientes marinhos, suas formas de ataque e alguns icnofósseis resultantes.

Tabela 2. Principais organismos marinhos bioerodentes associados a substratos consolidados, processos de ataque, tipos de estrutura e principais icnogêneros resultantes.

Bioerodente	Tipos de estrutura	Icnogêneros associados
Parasitas epizoozoários	Cavidades circulares a elípticas em equinóides, corais, moluscos e crinóides. Tido por Brett (1985) como uma estrutura entre bioenclausuramento e perfuração verdadeira.	<i>Tremichnus</i> Brett, 1985
E esponjas Clionaidae	Redes ramificadas de galerias com câmaras individuais ou conectadas, ligadas à superfície por aberturas; em conchas, corais e algas coralíneas.	<i>Entobia</i> Bronn, 1837-38
E esponjas	Arcabouço de canais radiais subdivididos e anastomosados, geralmente associados a substratos endurecidos paleozóicos	<i>Cicatricula</i> Palmer & Palmer, 1977
Vermes Polychaeta	Galerias alongadas, ramificadas ou não, em U ou sinuosas, com uma ou mais aberturas em conchas, corais e algas. Perfurações helicoidais em columelas de conchas de gastrópodes ocupadas por crustáceos (<i>Helicotaphrichnus</i>). Perfurações cilíndricas sinuosas a arqueadas com protuberâncias onde a direção muda (<i>Vermiforichnus</i>)	<i>Trypanites</i> Mägdefrau, 1932 <i>Lapispecus</i> Voigt, 1970 <i>Caulostrepsis</i> Clarke, 1908 <i>Meandropolydora</i> Voigt, 1965 <i>Helicotaphrichnus</i> Kern, Grimmer & Lister, 1974 (= <i>Palaleosabella</i>) <i>Vermiforichnus</i> Cameron, 1969
Phoronidae	Perfurações curvas ramificadas e conectadas à superfície por aberturas. Em conchas, corais e algas. Sistemas mais homogêneos e menores do que em Polychaeta.	<i>Talpina</i> von Hagenow, 1840 <i>Conchotrema</i> Teichert, 1945
Sipunculídeos	Cavidades cilíndricas retas ou curvas não ramificadas em corais, calcários e conchas.	<i>Trypanites</i> Mägdefrau, 1932
Crustáceos estomatópodes	Rupturas irregulares em conchas de bivalves e gastrópodes.	<i>Belichnus</i> Pether, 1995
Cirrípedes Acrothoracica	Cavidades em soquete em conchas e restos esqueléticos.	<i>Rogerella</i> Saint-Seine, 1951
Cirrípedes Thoracica	Covas rasas produzidas por cracas do gênero <i>Verruca</i> . Perfurações de cirrípodes do gênero <i>Lithotrya</i> em rochas.	<i>Centrichnus</i> Bromley & Martinell, 1991
Cirrípedes Balanomorphia	Cicatrices rasas com estrias concêntricas.	<i>Anellusichnus</i> Santos, Mayoral & Muniz, 2005
Moluscos Bivalves	Perfurações em clava com aberturas menores que o interior das câmaras circulares ou ovais em rochas, madeira, conchas, corais e algas. Cicatrices ovais atribuídas a gastrópodes (<i>Lacrimichnus</i>). Marcas geradas por bissos	<i>Gastrochaenolites</i> Leymerie, 1842 <i>Centrichnus</i> Bromley & Martinell, 1991 <i>Teredolites</i> Leymerie, 1842 <i>Lacrimichnus</i> Santos, Mayoral & Muñoz, 2003
Moluscos Bivalves Mytilidae	Perfurações rasas a profundas alongadas e arredondadas na base.	<i>Petroxestes</i> Wilson & Palmer, 1988
Gastrópodes	Orifícios circulares predatórios em conchas de bivalves; depressões retas a curvas paralelas produzidas por rádulas. Bioenclausuramentos em crinóides (<i>Tremichnus</i>). Cicatrices ovais (<i>Lacrimichnus</i>) associadas ao gênero <i>Crepidula</i> .	<i>Oichnus</i> , Bromley, 1981 <i>Radulichnus</i> Voigt, 1977 <i>Gastrochaenolites</i> Leymerie, 1842 <i>Tremichnus</i> Brett, 1985 <i>Lacrimichnus</i> Santos, Mayoral & Muñoz, 2003

Continuação Tab. 2.

Gastrópodes vermitídeos	Conjuntos de marcas em forma de rim dispostas de maneira espiralada.	<i>Renichnus</i> Mayoral, 1987a
Cefalópodes	Pequenos orifícios circulares.	<i>Oichnus</i> Bromley, 1981
Poliplacóforos	Raspagens.	<i>Radulichnus</i> Voigt, 1977
Braquiópodes	Cicatrices do pedículo de braquiópodes articulados formando arranjo circular de covas rasas.	<i>Podichnus</i> Bromley & Surlyk, 1973
Briozoários ctenostomados	Cavidades radiais rasas em conchas de moluscos.	<i>Pennatichnus</i> Mayoral, 1988 <i>Pinaceocladichnus</i> Mayoral, 1988 <i>Stellichnus</i> Mayoral, 1987a
Briozoários Cheilostomata	Padrões de cavidades rasas elípticas em substratos carbonáticos. Cada cavidade corresponde à cicatriz de um zoóide.	<i>Leptichnus</i> Taylor, Wilson & Bromley, 1999
Equinóides	Cicatrices estelares produzidas por equinóides regulares em conchas, corais e rochas;	<i>Gnatichnus</i> Bromley, 1975
Asteróides	Depressões e covas em conchas, corais e rochas.	<i>Circolites</i> Mikuláš, 1992

III.4. CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES

III.4.1. Classificação ecológica

Uma grande variedade de termos tem sido aplicada à classificação espacial dos icnofósseis. As classificações estratinômicas (Seilacher, 1964; Martinsson, 1965) são aplicáveis aos icnofósseis resultantes de bioturbação, especialmente onde montantes de sedimento escavado resultam em formas de relevo na superfície ou interior das camadas.

Organismos de substratos consolidados, incrustantes ou perfurantes, têm recebido denominações ligadas à posição do icnofóssil em relação ao hospedeiro ou substrato perfurado. Dois termos muito usuais são endolíticos e epilíticos, respectivamente aplicados aos organismos que vivem dentro e sobre substratos duros genéricos. Os primeiros podem ser euendolíticos, que são os verdadeiros perfuradores, como esponjas Clionidae ou bivalves *Lithophaga*; criptoendolíticos, quando ocupam cavidades já existentes; casmoendolíticos, quando ocupam fissuras não-biogênicas e paraendolíticos (Bromley, 1992) para organismos incrustados pelo crescimento de seus hospedeiros.

Bromley (1994) propôs uma classificação das estruturas de bioerosão em seis categorias, acompanhadas de seus hábitos e classificação etológica (Tab. 3).

Tabela 3. Classificação de estruturas de bioerosão, segundo Bromley (1994).

Estrutura	Produtor	Etologia
Perfuração	Euendolítico	Domichnia (Equilibrichnia; Fodinichnia)
Estrutura de acamamento	Paraendolítico	Domichnia (Equilibrichnia)
Raspagem e arranhão	Epilítico	Pascichnia
Cicatriz de fixação	Epilítico	Domichnia (Fixichnia segundo Gibert <i>et al.</i> , 2004)
Dano por durofagia	Epibentos	Praedichnia
Perfuração por brocagem	Epi e endobentos	Praedichnia

Taylor & Wilson (2002) propuseram uma terminologia mais adjetivada para organismos marinhos de substratos duros (Tab. 4). Cada termo é formulado a partir de prefixos e sufixos que levam em consideração o organismo colonizador (animal ou planta) e o tipo de substrato (rocha, madeira, planta viva, animal vivo ou esqueleto). Além disso, a terminologia acrescenta a toponímia para organismo vivendo sobre o substrato ou em seu interior.

Tabela 4. Categorização de animais colonizadores de substratos duros (Taylor & Wilson, 2002).

Substrato	Denominação	Colonizador superficial	Colonizador interno
Rocha	Litozoário	Epilitozoário	Endolitozoário
Madeira	Xilozoário	Epixilozoário	Endoxilozoário
Planta	Fitozoário	Epifitozoário	Endofitozoário
Animal vivo	Zoozoário	Epizoozoário	Endozoozoário
Esqueleto de vivo ou morto	Esqueletozoário	Epiesqueletozoário	Endoesqueletozoário

Essa classificação, quando possível de ser aplicada, pode ser muito útil em reconstituições paleoambientais, como, por exemplo, na definição de superfícies de omissão.

Bromley (1994b) apresentou uma interessante figura esquemática representando uma superfície consolidada mista e hipotética (concha/rocha), onde aparecem 8 faixas de colonização, iniciando-se nas superficiais (epilíticas) e terminando nas mais profundas (endolíticas), figura 15.

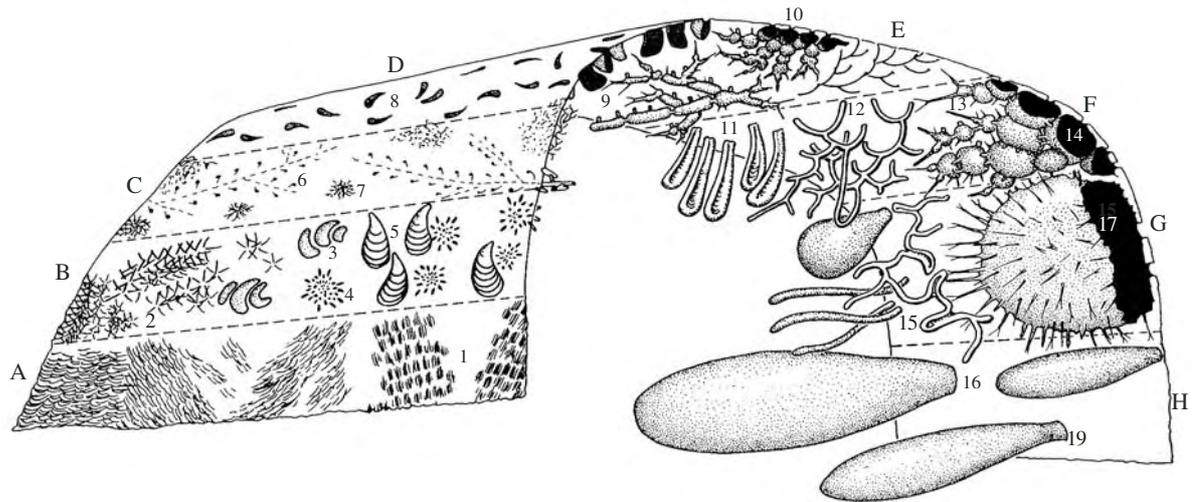


Figura 15. Esquema de disposição de algumas icnoespécies de bioerosão arrumados numa série de 8 faixas (A-D exibem as estruturas do ponto de vista externo e E-H vistas a partir de dentro do substrato). As seguintes icnoespécies ilustram a figura: 1. *Radulichnus inopinatus* Voigt, 1977; 2. *Centrichnus eccentricus* Bromley & Martinell, 1991; 3. *Podichnus centrifugalis* Bromley & Surlyk, 1973; 4. *Gnaticchnus pentax* Bromley, 1975; 5. *Renichnus arcuatus* Mayoral, 1987a; 6. *Pennaticchnus moguerenica* Mayoral, 1988; 7. microperforações de algas; 8. *Rogerella lecointrei* Saint-Seine, 1951; 9. *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, 1984; 10. *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, 1984; 11. *Talpina ramosa* Hagenow, 1840; 12. *Caulostrepsis taenicola* Clarke, 1908; 13. *Conchotrema canna* (Price, 1916), 14. *Entobia magna* Bromley & D'Alessandro, 1989; 15. *Maeandropolydora decipiens* Voig, 1965; 16. *Trypanites solitarius* (Hagenow, 1840); 17. *Entobia gigantea* Bromley & D'Alessandro, 1989; 18. *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley, 1984; 19. *Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley, 1984 (Bromley, 1994).

III.3.2. Classificação etológica

Os icnofósseis, incluindo as macroporificações, não são entidades biológicas passíveis de enquadramento taxonômico lineano, pelo menos para agrupamentos supra-genéricos, tendo em vista que são apenas estruturas resultantes de atividades de organismos. Sendo assim, desde a proposição pioneira de Seilacher (1953a), tem-se lançado mão de uma classificação baseada na interpretação do ato comportamental do organismo durante a construção de sua estrutura, conhecida como classificação etológica. Para agrupar os diversos conjuntos morfológicos de icnofósseis, atualmente doze categorias estão em uso, sendo as cinco primeiras as seilacherianas iniciais: repichnia, pascichnia, fodinichnia, domichnia e cubichnia, fugichnia, agrichnia, praedichnia, aedifichnia, equilibrichnia, calichnia e fixichnia.

Bromley (1996a) discutiu a aplicabilidade das classificações toponômicas e etológicas às estruturas de bioerosão, chegando à conclusão que as toponômicas não podem ser usadas

para esta categoria especial de icnofósseis e que as etológicas também têm uso restrito, já que a maioria das estruturas de bioerosão recai apenas em *Domichnia* ou *Fodinichnia*.

A seguir lista-se as categorias etológicas relacionadas às estruturas de bioerosão (Tab. 5):

- **Pascichnia** (deslocamento para pastagem): comporta fundamentalmente estruturas combinadas de atividade de nutrição e deslocamento. Geralmente resultam em figuras planares, às vezes descontínuas, sinuosas e não ramificadas, realizadas sobre ou dentro do substrato. *Planolites* e *Zoophycos* são alguns dos icnogêneros característicos dessa categoria.
- **Domichnia** (habitação): inclui estruturas permanentes de habitação produzidas por organismos sésseis ou semisésseis da endofauna suspensívora, saprofágica ou carnívora. As estruturas são geralmente galerias simples ou ramificadas, muitas em forma de U e cortando os planos de estratificação. *Bifungites*, *Arenicolites*, *Skolithos*, *Gastrochaenolithes*, *Ophiomorpha*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus* e *Monocraterion* são exemplos de estruturas de habitação.
- **Praedichnia** (predação): criada por Ekdale (1985), esta categoria envolve uma gama de estruturas entre perfurações e orifícios produzidos principalmente em bivalves. Essa categoria pressupõe a existência de um organismo vivo predador e outro também vivo, sua vítima, o que caracteriza o ato de predação. Os icnogêneros *Oichnus* e *Belichnus* são representantes dessa categoria.
- **Equilibrichnia** (equilíbrio ou ajuste gradual ao substrato): Bromley (1990) criou essa categoria para representar os vários traços deixados no interior dos sedimentos por organismos da infauna durante sua acomodação de acordo com a variação das taxas de sedimentação. Tal acomodação pode ser para cima ou para baixo, em resposta a eventos de sedimentação ou erosão. *Diplocraterion* é um bom exemplo desse tipo de comportamento.
- **Fixichnia** (ancoragem): a mais nova das categorias etológicas, proposta por Gibert *et al.* (2004), está restrita ao domínio das estruturas de bioerosão e pressupõe a ancoragem ou fixação de partes moles ou partes esqueléticas de organismos sésseis epilíticos sobre um hospedeiro, deixando neles suas cicatrizes superficiais. Alguns exemplos de icnogêneros incluídos nesta categoria são: *Centrichnus*, *Renichnus*, *Stellichnus*, *Leptichnus*, *Podichnus*, *Anellusichnus* e *Lacrimichnus*.

A tabela 5, modificada de Gibert *et al.* (2004) lista os principais icnogêneros de bioerosão vinculados às categorias etológicas e a figura 16 representa o ambiente oceânico com a distribuição das icnofácies e principais icnogêneros, segundo Frey & Seilacher (1980).

Tabela 5. As cinco classes etológicas que incluem estruturas de bioerosão em substratos líticos e biomineralizados com exemplos de alguns icnotaxa (modificado de Gibert *et al.*, 2004)

Classe Etológica	Tipo de estrutura	Exemplos de icnotaxa	Bioerodente	Referências selecionadas
DOMICHNIA	Perfurações	<i>Gastrochaenolites</i>	Bivalves	Kelly & Bromley, 1984 Bromley & D'Alessandro, 1984
		<i>Entobia</i>	Esponjas	
		<i>Trypanites</i>	Poliquetas e sipúnculos	Cole & Palmer, 1999
		<i>Maeandropolydora</i>	Poliquetas	
		<i>Caulostrepsis</i>	Poliquetas	Bromley & D'Alessandro, 1983 Bromley & D'Alessandro, 1983
		<i>Circolites</i>	Equinóides	
		<i>Rogerella</i>	Cirrípides acrotorácicos	Mikuláš, 1992 Bromley, 1992
		<i>Iranema</i>	Briozoários	Boekschoten, 1970
		<i>Pennatichnus</i>	Briozoários	Mayoral, 1988
		<i>Pinaceocladichnus</i>	Briozoários	Mayoral, 1988
<i>Talpina</i>	Foronídeos	Voigt, 1975		
<i>Umbichnus</i>	Desconhecido	Martinell <i>et al.</i> , 1999		
FIXICHNIA	estruturas de fixação	<i>Centrichnus</i>	Cirrípides e bivalves	Bromley & Martinell, 1991
		<i>Podichnus</i>	Braquiópodes	Bromley & Surlyk 1973; Martinell, 1982a
		<i>Renichnus</i>	Gastrópodes	Mayoral, 1987a
		<i>Stellichnus</i>	Briozoários	Mayoral, 1987b
		<i>Leptichnus</i>	Briozoários	Taylor <i>et al.</i> , 1999
		<i>Anellusichnus</i>	Cirrípides balanomorfos	Santos <i>et al.</i> , 2005
<i>Lacrimichnus</i>	Gastrópodes	Santos <i>et al.</i> , 2003		
PASCICHNIA	Raspagem e arranhões	<i>Radulichnus</i>	Gastrópodes e poliplacóforos	Voigt, 1977
		<i>Gnathichnus</i>	Equinóides	Bromley, 1970; Martinell, 1982b
PRAEDICHNIA	Brocagem, cicatrizes por durófagos, choques e cavidades	<i>Oichnus</i>	Gastrópodes e cefalópodes	Bromley, 1981
		<i>Belichnus</i>	Crustáceos estomatópodes	Pether, 1995
		Cicatrizes de durófagos	Crustáceos e peixes	Martinell <i>et al.</i> , 1984
EQUILIBRICHNIA	perfurações com <i>spreiten</i>	<i>Tremichnus</i>	Crinóides	Brett, 1985
		Marcas de mordidas	Vertebrados	Haynes, 1983
		<i>Gastrochaenolites vivus</i>	Bivalves	Edinger & Risk, 1994

III.3.3 Iconofácies e macrobioerosão

O conceito de iconofácies foi introduzido por Seilacher (1964) no sentido de tratar as assembléias de icnofósseis como indicadores paleoambientais, especialmente batimétricos. Tomando como princípio as fácies sedimentares, o autor definiu as iconofácies Skolithos, Cruziana, Zoophycos e Nereites como amplos espectros de comportamentos animais relacionados à batimetria marinha de fundos inconsolidados.

Posteriormente, novas iconofácies foram sendo propostas independentemente, tornando o modelo heterogêneo sem deixar, no entanto, de ser muito útil. As iconofácies devem ser usadas num sentido mais complexo, além da simples indicação batimétrica de um paleoambiente pela presença de icnofósseis ligados a uma determinada iconofácies, levando-se em consideração parâmetros etológicos, ecológicos e tafonômicos e integrando-se esta informação com a análise sedimentológica e estratigráfica. Dessa forma pode-se evitar um certo grau de artificialidade embutido no modelo das iconofácies, especialmente no que tange às suas implicações na definição das fronteiras entre os ambientes, possibilitando um verdadeiro conhecimento das icnofaunas e permitindo interpretações mais sólidas sobre as condições deposicionais e ambientes de sedimentação.

Até o momento, as iconofácies reconhecidas e aceitas como tal agrupam-se em três grandes grupos:

1. iconofácies marinhas de substratos não-consolidados (Pylonichnus, Skolithos, Cruziana, Zoophycos e Nereites)
2. iconofácies marinhas de substratos consolidados (Glossifungites, Trypanites, Entobia, Gnathichnus e Teredolites)
3. iconofácies continentais (Coprinisphaera, Scoyenia, Mermia e Teredolites).

Devido à falta de consenso sobre o número e definição das iconofácies, lista-se a seguir um elenco daquelas relacionadas a estruturas de bioerosão, reunido a partir de Bromley (1996a) e Fernandes *et al.* (2002):

Iconofácies Glossifungites: originalmente definida para ambientes não-marinhos, a iconofácies Glossifungites é atualmente encarada como um paralelo marinho da iconofácies Scoyenia (Bromley, 1996a). Representa a passagem de comunidades bentônicas de fundos inconsolidados a consolidados para desidratados ou para superfícies de omissão. Não tem restrições batimétricas e caracteriza-se pela ocorrência de *Glossifungites saxicava*,

Spongiomorpha spp. e *Thalassinoides paradoxa*, bem como *Strophichnus xystus* e *Glyphichnus harefieldensis*;

Icnofácies Mermia: dominada por Pascichnia (locomoções de poliquetas, artrópodes e moluscos), pode ser encarada como a correspondente não-marinha (lacustre) da icnofácies Nereites. Os icnogêneros *Paleodictyon*, *Mermia*, *Helminthopsis*, *Cochlichnus*, *Planolites*, *Lockeia* e *Gordia* são seus representantes;

Icnofácies Trypanites: esta icnofácies é definida para substratos consolidados, líticos ou acumulações esqueletais, como coquinas, tendo como representante principal *Trypanites weisei* e sendo uma das icnofácies mais características dos domínios da bioerosão marinha, especialmente marcando superfícies de omissão como nos ambientes de rochas praias, substratos consolidados (Figura 16) e recifes;

Icnofácies Entobia: caracteriza ambientes intensamente bioerodidos e praticamente sem taxa de sedimentação, deixando restos esqueletais expostos à ação de complexas galerias de perfurações de habitação e alimentação. Representa desde ambientes litorâneos rochosos a recifes e tem como icnogêneros característicos *Caulostrepsis*, *Entobia* e *Gastrochaenolites*;

Icnofácies Gnatichnus: representa ambientes também sujeitos a bioerosão como na icnofácies Entobia, porém em condições de menor energia e episódios de soterramento. Dominam os icnitos de pastagem superficiais (*Radulichnus*, *Gnatichnus*), icnitos de incrustação e de habitação superficiais, como *Rogerella*;

Icnofácies Zoophycos: representa ambientes que vão da zona de plataforma externa à zona batial, onde dominam sedimentos finos e ricos em matéria orgânica sob condições calmas. São dominantes os icnofósseis de pastagem e alimentação de características simples a complexas, geralmente com *spreite* espiralados e apenas o *tier* mais profundo preservado. O icnogênero *Zoophycos* é o mais comum.

Icnofácies Nereites: representa ambientes batiais e abissais. Icnitos pascichnia e agrichnia ornamentados e complicados, como *Paleodictyon*, *Helminthoida*, *Spirorhapse* e *Cosmorhapse* dominam esta icnofácies.

As estruturas de bioerosão estão especialmente contempladas nas icnofácies Trypanites, Entobia e Gnatichnus e são, portanto, sofisticadas ferramentas nos tratamentos paleoambientais de ambientes de substratos consolidados e de baixa taxa de sedimentação. Bromley & Asgaard (1991), no entanto, chamaram a atenção para alguns cuidados na definição destas icnofácies, como por exemplo, para o fato da icnofácies Trypanites somente ter validade para icnofósseis preservados *in situ*. Concreções retrabalhadas de substratos

consolidados ou conchas remanejadas de coquinas podem conter *Trypanites* e outras estruturas de perfuração, mas não podem configurar uma icnofácies Trypanites.

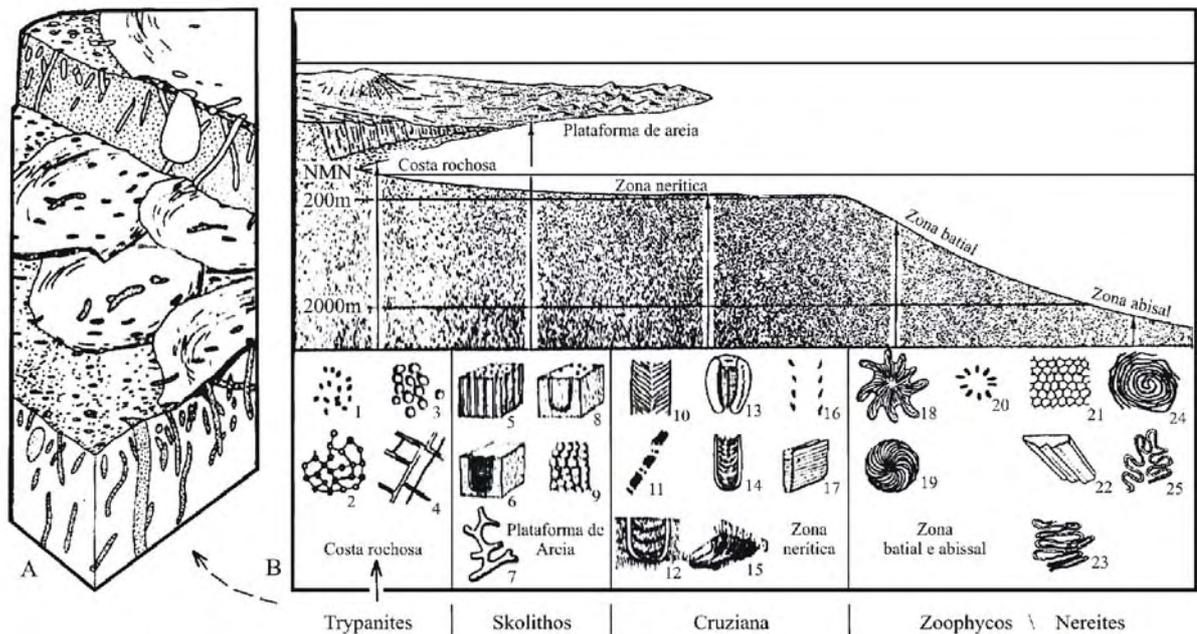


Figura 16. Algumas icnofácies e suas implicações ambientais. A. Perfurações em um substrato consolidado (*hardground*) como exemplo de icnofácies Trypanites; B. diagrama esquemático das icnofácies de ambientes mais profundos: 1. perfurações de poliqueta (*Polydora*); 2. perfuração de esponja Clionaidae (*Entobia*); 3. perfurações de equinóide; 4. microperfurações de algas; 5. *Skolithos*; 6. *Diplocraterion*; 7. *Thalassinoides*; 8. *Arenicolites*; 9. *Ophiomorpha*; 10. *Cruziana*; 11. *Dimorphichnus*; 12. *Corophioides*; 13. *Rusophycus*; 14. *Rhizocorallium*; 15. *Phycoides*; 16. *Diplichnites*; 17. *Teichichnus*; 18. *Zoophycos*; 19. *Spirophyton*; *Lorenzina*; 21. *Paleodictyon*; 22. *Taphrhelminthopsis*; 23. *Helminthoidea*; 24. *Spirorhapse*; 25. *Cosmorhapse*. (Frey & Seilacher, 1980).

III.3.4. Icnogramas e macrobioerosão

Nos últimos anos tem sido dada uma importância cada vez maior à quantificação das estruturas de bioturbação, especialmente nas abordagens de Estratigrafia de Sequências. No bojo da análise de bacias foi introduzido o conceito de icnotrama, ou icnofábrica, para representar quantitativamente as estruturas de bioturbação nos estratos. Como o conceito envolve a quantificação das estruturas em relação ao volume de rocha, as estruturas que se limitam ao espaço de restos esqueletais não servem para tal quantificação. Apenas as estruturas resultantes de bioerosão provocadas por bivalves como *Lithophaga* ou *Gastrochaena*, ou sipunculídeos, poderiam ser quantificadas à semelhança de estruturas de

CAPÍTULO

IV

SISTEMÁTICA PALEOICNOLÓGICA

O acervo de estruturas resultantes de ações de macrobioerosão observado na Bacia da Paraíba concentra-se especialmente nos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá (antigos arenitos calcíferos da base da Formação Gramame), em alguns níveis de calcários argilosos da Formação Maria Farinha e também nos calcários recifais da Formação Maria Farinha na localidade de Praia de Jaguaribe e Formação Maria Farinha superior em Tambaba e Carapibus na Paraíba (Tab. 6). Vários moldes de bivalves, gastrópodes e amonóides dos calcários argilosos da Formação Gramame, bem como alguns restos de conchas, foram analisados, mas as evidências sutis de bioerosão não foram consideradas suficientes para estudo sistemático.

Do ponto de vista da quantidade de formas, tanto no aspecto taxonômico quanto etológico, o conjunto observado revela uma grande diversidade e um potencial que não se encerra com o tratamento paleoicnológico desta tese, podendo ser desdobrado em muitos trabalhos subseqüentes.

Estão descritas e/ou figuradas 36 estruturas, sendo 33 atribuídas a 13 icnogêneros (*Leptichnus*, *Renichnus*, *Rogerella*, *Gastrochaenolites*, *Trypanites*, *Vermiforichnus*, *Lapispecus*, *Conchotrema*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*, *Cunctichnus*, *Entobia* e *Oichnus*), uma tratada como morfotipo não conhecido (Morfotipo A) e duas como Problematica.

A organização taxonômica aqui desenvolvida segue a seqüência de estruturas de macrobioerosão sugerida na chave de identificação em anexo:

- Múltiplas depressões superficiais rasas na superfície de conchas (*Leptichnus*);
- Cicatrizes profundas espiraladas (*Renichnus*);
- Cavidades discóides (*Rogerella*);

- Perfurações profundas em clava (*Gastrochaenolites*);
- Perfurações tubulares não ramificadas (*Trypanites*, *Vermiforichnus*);
- Perfurações tubulares com aspas (*Lapispecus*);
- Perfurações tubulares múltiplas ramificadas (*Conchotrema*);
- Perfurações dobradas em U com ou sem aspa (*Caulostrepsis*);
- Perfurações dobradas e sinuosas com sacolas (*Maeandropolydora*);
- Perfurações cilíndricas achatadas e sinuosas com projeções (*Cunctichnus*);
- Perfurações com múltiplas câmaras e aberturas (*Entobia*);
- Perfurações predatórias vazadas (*Oichnus*).

Tabela 6. Distribuição dos icnotáxons de macrobioerosão identificados da Bacia da Paraíba.

Icnotáxons	Formação Itamaracá				Formação Maria Farinha					Formação Maria Farinha superior	
	Engenho Amparo	Fazenda Garapu	Fazenda Alexandrina	Árvore Alta	Poty	Praia de Conceição	Praia de Jaguaribe	São Bento	Ponta do Funil	Tambaba	Carapibus
<i>Leptichnus peristroma</i> Taylor, Wilson & Bromley		•	•	•							
<i>Leptichnus</i> isp.						•					
<i>Renichnus</i> isp.										•	
<i>Rogerella elliptica</i> (Codez)		•	•	•						•	
<i>Rogerella pattei</i> (Saint-Seine)										•	
<i>Gastrochaenolites lapidicus</i> Kelly & Bromley			•	•							
<i>Gastrochaenolites torpedo</i> Kelly & Bromley							•			•	•
<i>Trypanites solitarius</i> (Hagenow)		•	•	•							
<i>Trypanites fimbriatus</i> (Stephenson)								•			
<i>Vermiforichnus</i> isp.					•			•			
<i>Lapispecus</i> isp.										•	
<i>Conchotrema canna</i> (Price)										•	
<i>Caulostrepsis taenicola</i> Clarke					•			•		•	
<i>Caulostrepsis cretacea</i> (Voigt)			•	•	•			•			
<i>Maeandropolydora elegans</i> Bromley & D'Alessandro			•					•		•	
<i>Maeandropolydora sulcans</i> Voigt	•					•				•	
<i>Maeandropolydora</i> isp.		•									
<i>Cunctichnus</i> isp.										•	
<i>Entobia cretacea</i> Portlock	•	•	•	•							
<i>Entobia cateniformis</i> Bromley & D'Alessandro								•		•	•
<i>Entobia laquea</i> Bromley & D'Alessandro								•		•	
<i>Entobia megastoma</i> (Fisher)					•			•			
<i>Entobia paradoxa</i> (Fisher)										•	•
<i>Entobia gonioides</i> Bromley & Asgaard										•	
<i>Entobia volzi</i> Bromley & D'Alessandro										•	
<i>Entobia glomerata</i> (Morris)										•	
<i>Entobia ovula</i> Bromley & D'Alessandro										•	
<i>Entobia magna</i> Bromley & D'Alessandro					•						
<i>Entobia</i> isp. A							•		•		
<i>Entobia</i> isp. B			•								
<i>Entobia</i> isp. C										•	
Morfotipo A										•	•
<i>Oichnus simplex</i> Bromley					•					•	•
<i>Oichnus</i> isp.		•									
<i>Problematica</i> 1								•			
<i>Problematica</i> 2			•	•							

IV.1. TRATAMENTO ICNOTAXONÔMICO

IV.1.1. Icnogênero *Leptichnus*

***Leptichnus* Taylor, Wilson & Bromley, 1999**

Diagnose. Grupos de pequenas cavidades escavadas em substratos calcários; cada cavidade tem abertura de forma sub-circular, elíptica, piriforme ou em forma de pêra e é mais rasa que sua largura; todas as cavidades são escavadas até aproximadamente a mesma profundidade e todas entram no substrato perpendicularmente; diâmetro das cavidades varia de 0,1 a 0,9 mm entre icnoespécimes, mas é menos variável no mesmo icnoespécime; lados das cavidades podem ser verticais e base plana, ou lados podem ser inclinados e curvar-se para uma base côncava; grupos de cavidades podem atingir mais que 10 mm em diâmetro ou extensão linear (a partir de Taylor *et al.*, 1999).

***Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley, 1999**

(Estampa I; figura 1)

1973. *Macroporella ciliata* (Pallas). Bromley & Surlyk, p. 362, fig. 14a.
 1981. Cavidades feitas por colônias de briozoários queilostomados. Martinell & Domènech, Est. 48; Est. 2, fig. 9.
 1986a. Marcas do tipo briozoários queilostomados. Mayoral, p. 293, fig. 82; Est. XIX, figs. 3-4.
 1999. *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson, & Bromley, p. 600; Est. 1, figs. 1-6; figura-texto 1a.
 2002. *Leptichnus peristroma*. Mayoral & Muñiz, p. 80.
 2005. *Leptichnus persitroma*. Santos, p. 156, Est. 8, figs. 10-12.

Diagnose. *Leptichnus* com cavidades sub-circulares, elípticas ou em forma de pêra organizadas inteiramente ou predominantemente de forma multi-serial; eixos maiores das cavidades alinhados radialmente a partir do centro do agrupamento (Taylor *et al.*, 1999).

Material. Sobre molde interno e partes recristalizadas de valva de *Veniella brasiliensis* (Maury) proveniente dos arenitos calcíferos da antiga Fazenda Santa Alexandrina, Conde, Paraíba (amostra DGEO-CTG-UFPE-5188).

Descrição. Sistema radial de múltiplas cavidades rasas, sub-elípticas, geralmente contíguas, mas separadas por faixas circundantes estreitas, não escavadas; paredes da cavidade quase verticais a levemente inclinadas, curvando-se na base para encontrar a base da cavidade, suavemente côncava e levemente mais profunda para o lado periférico do sistema.

Distribuição estratigráfica. Eoceno ao Recente, segundo Taylor *et al.* (1999).

Etologia e organismo gerador. Forma considerada como *Domichnia* por Taylor *et al.* (1999), mas posteriormente tratada como *Fixichnia* por Gibert *et al.* (2004). *Leptichnus peristroma* resulta da incrustação de colônias de briozoários queilostomados geralmente na superfície de conchas.

Leptichnus isp.

(Estampa I; figura 2)

Material. Sobre molde interno de gastrópode da localidade de Praia de Conceição. Formação Maria Farinha. Amostra DGEO-CTG-UFPE-6309).

Descrição. Faixa de pelo menos seis linhas de cavidades rasas, elípticas e muito próximas com eixos maiores aproximadamente voltados para a direção de desenvolvimento da faixa.

Discussão. Esta forma difere de *Leptichnus peristroma* pela organização em faixa e não radial e também de *Leptichnus dromeus* Taylor, Wilson & Bromley, 1999, por apresentar mais de uma linha de cavidades. A preservação, no entanto, não permite uma definição mais precisa.

Etologia e organismo gerador. Estrutura do tipo *Fixichnia*. Buge & Muniz (1974), descreveram o briozoário *Lunulites (Heterectis) barbosa* proveniente da localidade de Pedreira Zumbi, de camadas da Formação Maria Farinha. Esta espécie pode ser a responsável pela estrutura ora descrita.

IV.1.2. Ícnogênero *Renichnus*

***Renichnus* Mayoral, 1987**

Diagnose. Depressões em forma de rim, arrumadas em forma de meia-lua, dispostos em fileiras toscas ou grosseiramente enrolados (Mayoral, 1987a).

***Renichnus* isp.**

(Estampa I; figura 3)

Material. Entre esteiras de alga coralínea *Archaeolithothamnium* sp.. Proveniente dos calcários recifais da Formação Maria Farinha superior, Tambaba, Conde, Paraíba (Amostra DGEO-CTG-UFPE-6327).

Descrição. Sulco profundo espiralado de seção semi-circular, aumentando de largura no início do desenvolvimento e depois mantendo quase a mesma largura (3mm) até a fase senil; ornamentado com estrias de crescimento mais ou menos profundas.

Discussão. Mayoral (1987a) definiu a icnoespécie *Renichnus arcuatus* para sulcos de cimentação de gastrópodes vermitídeos. A estrutura ora identificada ocorre entre lâminas de *Archaeolithothamnium* e, portanto, pode ter um componente de bioemparedamento em seu desenvolvimento. Porém, como a estrutura aparentemente corta as lâminas da alga coralínea, pelo menos durante uma fase foi desenvolvida como estrutura fixada na superfície da colônia e capaz de gerar sulco profundo de aderência.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Plioceno ao Recente. Maastrichtiano Superior, segundo Jagt (2003).

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura de fixação (Fixichnia) de gastrópodes vermitídeos.

VI.1.3. ICNOGÊNERO *Rogerella*

Discussão geral. Fósseis acrotorácicos ocorrem em vários substratos, sendo que algumas icnoespécies são específicas de conchas e outras ocorrem de forma mais indiscriminada.

Saint-Seine (1951) definiu o icnogênero *Rogerella* como “cirrípede acrotorácico perfurador de testas de equinóides, cujas cavidades se prolongam num saquinho externo simples ou duplo”. A diagnose estabelecida para o icnogênero confunde, portanto, o organismo produtor com a cavidade resultante. Codez & Saint-Seine (1958) fizeram uma revisão das perfurações de cirrípedes acrotorácicos. Saint-Seine (1951, 1954, 1955) descreveu icnogêneros e icnoespécies em perfurações do Mesozóico e Terciário. Estes foram submetidos a estudos biométricos e separados em duas icnofamílias: Rogerellidae e Zapfellidae. A primeira comporta cavidades com aberturas elípticas, arredondadas posteriormente, mas estendendo-se em uma fenda peduncular anterior, como no vivente *Lithoglyptes*. A perfuração é revestida com carbonato de cálcio, tornando-se mais ampla na abertura. A segunda não apresentaria fenda peduncular nem carena. Atualmente as famílias válidas para cirrípedes acrotorácicos viventes não incluem Rogerellidae e Zapfellidae e sim as seguintes: Cryptophilidae (*Cryptophilus*), Lithoglyptidae (*Kochlorine*, *Lithoglyptes*, *Weltneria*) e Trypetesidae (*Trypetesa*).

Codez & Saint-Seine (1958) propuseram uma abordagem biométrica para a definição de morfotipos de cavidades de acrotorácicos fósseis através de índices matemáticos, capazes de individualizar os icnogêneros dentro de duas famílias, Zapfellidae e Rogerellidae (Tab. 7). A despeito dos equívocos de nomenclatura e taxonomia de fósseis corporais, os índices estabelecidos pelos autores são válidos e podem ser muito úteis na identificação das icnoespécies de *Rogerella*, mas dependem ainda de uma revisão nas diagnoses de todas as icnoespécies.

Tabela 7. Características morfológicas de cavidades de cirrípedes acrotorácicos (a partir de Codez & Saint-Seine, 1958)

Aberturas		<i>“Simonizapfes” elongata</i>	<i>Rogerella elliptica</i>	<i>Rogerella mathieui</i>	<i>Rogerella pattei</i>
		sem fenda peduncular	sem fenda peduncular	com fenda peduncular	sem fenda peduncular
Cavidade	Comprimento	Longa	curta	curta	curta
	Largura	Estreita	larga	larga	larga
	Profundidade	Pouco profunda	pouco profunda	pouco profunda	profunda
	Forma	ligeiramente alargada na frente	elíptica	subelíptica	muito alargada na frente

Tomlinson (1963) sintetizou os dados acerca dos fósseis de cirrípedes acrotorácicos, dividindo-os em 3 famílias, como se todas as perfurações fósseis de acrotorácicos fossem fósseis corporais. Seu quadro está aqui reproduzido (Tab. 8) porque serve como um cenário dos ajustes taxonômicos que esta categoria de estrutura de bioerosão ainda precisa, bem como de um panorama de parâmetros morfológicos que servem para distinguir os diversos morfotipos.

Tabela.8. Características de fósseis corporais de cirrípedes acrotorácicos definidas por suas perfurações fósseis (Tomlinson, 1963).

Família ZAPFELLIADAE: profundidade da perfuração pelo menos até metade do comprimento, sem fenda peduncular	Comprimen to da abertura X profundida de, mm.	Comprimento X largura X profundidade, mm.	Forma da cavidade	Concha hospedeira	Distribuição cronoestratigráfica
<i>Simonizapfes elongata</i> Codez, 1957	1-2,3X0,3- 0,6	2-4,5X0,5-1,1 X 2,6*	Uma terminação levemente alargada	Belemnites, gastropodes, crinóides	Triássico- Jurássico
<i>Brachyzapfes elliptica</i> Codez, 1957	0,9- 1,8X0,3- 0,5	1,1-2X0,4- 0,9X1,1*	Elíptica	Belemnites, bivalves	Cretáceo
<i>Zapfella pattei</i> Saint-Seine, 1954	1,5- 2,5X0,3- 0,6	2,2- 3,6X1,8X3,3*	Uma terminação fortemente alargada	Grandes gastropodes, poucos bivalves, calcário	Mioceno, Plioceno
Família ROGERELLIDAE: profundidade da perfuração excede o comprimento, com fenda peduncular					
<i>Rogerella lecointrei</i> Saint- Seine, 1951	0,5- 3,1X0,6**			Equinóides	Cretáceo
<i>Rogerella mathieu</i> Sainte- Seine, 1955	1-2X0,3- 0,8	1,3-2,5X0,6- 1,1X3,1*	Sub-elíptica	Equinóides, bivalves, belemnites, corais	Jurássico médio- Cretáceo, Mioceno, Plioceno inferior
<i>Rogerella cragini</i> Schlaudt & Young, 1960	0,8- 1,9X0,3- 0,7	1,9X0,7X0,9	Uma terminação alargada e arredondada	<i>Ceritella practori</i> (Cargin), um gastópode	Albiano Médio
Família TRYPETESIDAE: profundidade da perfuração variável; cavidade em forma de leque					
<i>Trypetesa caveata</i> Tomlinson, 1963	0,3- 3,4X0,1- 1,4	11,3X5,0X2±	Forma de leque	Bivalves mialinídeos	Pensilvaniano, Permiano inferior
<i>Trypetesa</i> issp. Joysey, 1959		2,1X0,8**	Como um sapato raso	Equinóides <i>Equinocorys</i>	Cretáceo

*Profundidade extrapolada de razões de
prof.X100/comprimento (Codez, 1957)

**Calculado a partir de figuras
publicadas

Os gêneros *Zapfella* Saint-Seine, 1954, *Simonizapfes* Codez & Saint-Seine, 1958 e *Brachyzapfes* Codez & Saint-Seine, 1958 foram considerados sinônimos de *Rogerella* Saint-Seine, 1951 por Bromley & D'Alessandro (1987) e como “outros nomes aplicados a perfurações de acrotorácicos” por Wilson (2007). No entanto, nenhum autor avançou no sentido da organização taxonômica destas estruturas produzidas por cirrípedes, que apesar de

simples, carecem de uma diagnose mais abrangente e clara, bem como de diagnoses para as icnoespécies válidas e revisão geral de todas, incluindo aquelas por enquanto tratadas apenas como fósseis corporais, como *Simonizapfes elongata* Codez, 1957, *Brachyzapfes elliptica* Codez 1957 e *Trypetesa caveata* Tomlinson, 1963.

As icnoespécies de *Rogerella* em uso são: *Rogerella lecointrei* Saint-Seine, 1951; *Rogerella pattei* (Saint-Seine, 1954) Bromley & D'Alessandro, 1987; *Rogerella mathieui* Saint-Seine, 1955; *Rogerella cragini* Schlaudt & Young, 1960; ?*Rogerella caudata* Voigt; *Rogerella elliptica* (Codez, 1957), figura 17.

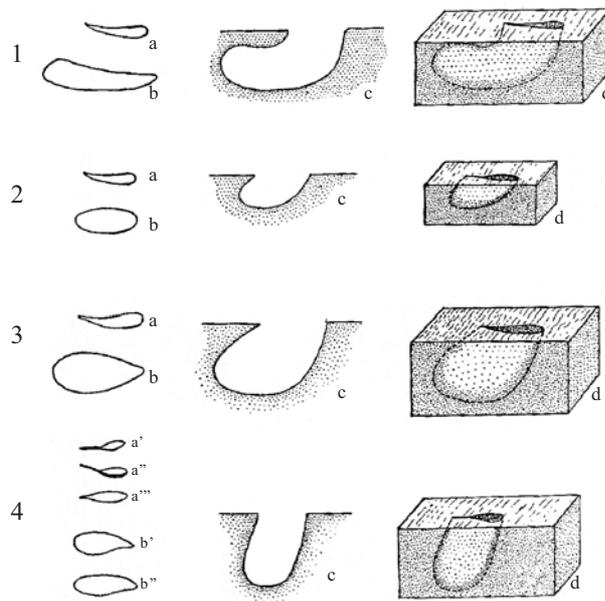


Figura 17. Vistas de aberturas (a, b, a', a'', b', b''), cortes longitudinais e cavidades nos substratos de: 1. "*Simonizapfes*" *elongata* Codez, 1957; 2. *Rogerella elliptica* (Codez, 1957); 3. *Zapfella pattei* Saint-Seine, 1954 e *Rogerella mathieui* Saint-Seine, 1955 (a partir de Codez & Saint-Seine, 1958).

Ícnogênero *Rogerella* Saint-Seine, 1951

Ícnoespécie-tipo: *Rogerella lecointrei* Saint-Seine, 1951

- 1937 *Nygmities* Mägdefrau (*non* Häntzschel, 1962), p. 57 (*partim*), est. 5, figs. 3,4. *Nomen nudum*.
- 1951 *Rogerella* Saint-Seine, p. 1053.
- 1953 *Seminolithes* Hyde, p. 125.
- 1954 *Zapfella* Saint-Seine, p.448-449, est. 18., figs. 1-3; est. 19, figs. 1-5.
- 1958 *Simonizapfes* Codez & Saint-Seine, p. 704, est. 37., figs. 2-4.
- 1958 *Brachyzapfes* Codez & Saint-Seine, p. 706, est. 38, figs. 1,2.
- 1980 *Seminolithes*. Rodriguez & Gutschick, p. 1356, Figura-texto 1.
- 1984 *Bacomella*. Sando, p. 190, figs. 1F,G.

Diagnose emendada. Cavidades discóides, alongadas, irregularmente achatadas, desenvolvendo-se perpendicularmente para o interior de substratos conchíferos a partir de aberturas lenticulares, retas ou curvas, geralmente com uma terminação arredondada e outra pontiaguda; a cavidade pode aprofundar-se com eixo maior quase perpendicular inclinado em relação à superfície do substrato ou curvar-se até desenvolver-se quase paralelamente, sempre para o lado mais pontiagudo da abertura; seções transversais da cavidade podem ser elípticas retas, curvas, geralmente com um lado mais estreito, podendo ser tão fino como uma carena; lateralmente podem formar-se intumescências; paredes da cavidade podem apresentar finas linhas concêntricas de raspagem.

Rogerella pattei (Saint-Seine, 1954)

(Estampa I, figuras 7-10)

1954 *Zapfella pattei* Saint-Seine, p. 448-449, est. 18, figs. 1-3; est. 19, figs. 1-5.

1958 *Zapfella pattei*. Codez & Sait-Seine, p. 707, est. 39, figs. 1-6; Figura-texto 4z.

1963 *Zapfella pattei*. Tomlinson, p. 165.

Diagnose. Uma terminação fortemente alargada (Tomlinson, 1963)

Material. Entre outros espécimes, o de número DGEOC-UFPB-0021, apresenta-se em associação com um pequeno espécime de *Gastrochaenolites*, em molde externo de *Barbatia*. Na região da charneira, entre as cicatrizes dos músculos e na dobra da carena de molde interno de valva de *Veniella brasiliensis* (Maury), proveniente dos arenitos calcíferos da antiga Fazenda Alexandrina, Conde, Paraíba (amostra DGEO-CTG-UFPE-5188).

Descrição. Perfuração discóide, sub-elíptica, com eixo maior mergulhando inclinado no interior do substrato, mais intumescida do meio para o fim da cavidade; bordas arredondadas com suaves estreitamentos; abertura lenticular, levemente torcida, sendo um lado mais largo e arredondado e o outro mais delgado e torcido; pode apresentar forma mais bojuda como sacola ou ter constrição próxima da abertura, como uma cintura; ocorre sempre de forma solitária (Fig. 18 A e C).

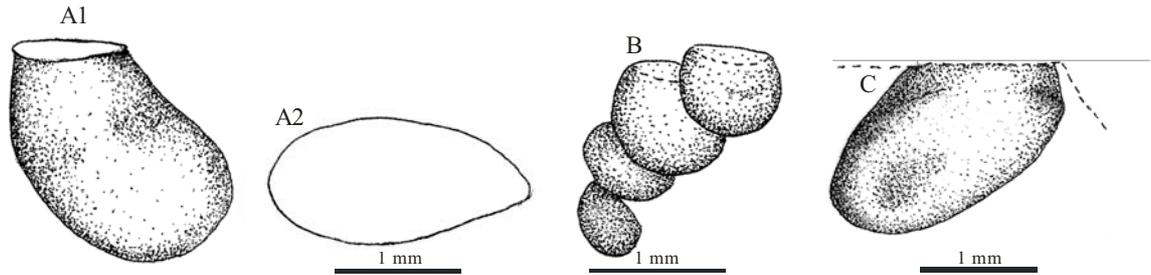


Figura 18. A1. *Rogerella pattei* (Saint-Seine, 1954) sobre molde interno de *Ostrea* e A2 vista do contorno da abertura, Tambaba, Formação Maria Farinha superior; B. *Rogerella elliptica* (Codez, 1957) sobre molde interno de *Veniella brasiliensis* (Maury), do arenito calcífero da Antiga Fazenda Santa Alexandrina; C. *Rogerella pattei* (Saint-Seine, 1954) sobre molde externo de *Ostrea* de Tambaba.

Discussão. A forma ora descrita tem dimensões levemente maiores do que as tratadas por Codez (1957) e Codez & Saint-Seine (1958). Ocorre sempre de forma solitária, em associação com outras estruturas bioerosivas, como *Entobia* e *Gastrochaenolites*.

Distribuição cronoestratigráfica e geográfica. Indicada por Codez & Saint-Seine (1958) no Mioceno da França e Argélia e Plioceno da Itália.

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia resultante da atividade de cirrípedes acrotorácicos.

***Rogerella elliptica* (Codez, 1957)**

(Estampa I, figuras 4-6)

1957. *Brachyzapfes elliptica*. Codez.

1958. *Brachyzapfes elliptica*. Codez & Saint-Seine, p. 706-707, fig-texto 4, est. 38, figs. 1 e 2.

1963. *Brachyzapfes elliptica*. Tomlinson, p. 165.

Diagnose. Cavidade de seção elíptica, pouco profunda, curta e larga, de profundidade atingindo cerca de metade do comprimento; comprimento da cavidade valendo 5/4 do comprimento da abertura.

Material. Vários exemplares distribuídos principalmente nas charneiras e em torno das cicatrizes de moldes internos de *Lopatinia* (*Pseudocucullaea*) *stantoni* e *Veniella brasiliensis* (Figura 18B), mas também em alguns moldes externos, das localidades de Árvore Alta e

Fazenda Alexandrina. Algumas cavidades em valvas substituídas da localidade de Fazenda Garapú. Todos dos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá.

Descrição. Pequena cavidade lenticular de abertura elíptica, contorno longitudinal semi-elíptico a quase circular; seção transversal elíptica, podendo apresentar leves intumescências e depressões; eixo de penetração no substrato praticamente perpendicular ou levemente inclinado; abertura elíptica, entre reta a levemente curva, com um lado levemente mais arredondado; ocorre sempre em agrupamentos; comprimento da abertura bastante variável em relação à profundidade, mas geralmente em torno de 2/3.

Discussão. A forma aqui atribuída a *Rogerella elliptica* é bem menor que a forma identificada para o Eoceno paraibano e ocorre sempre em agrupamentos densos, especialmente na região da charneira de valvas bastante espessas.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Documentada no Cretáceo francês por Codez & Saint-Seine (1958).

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia resultante da atividade de cirrípedes acrotorácicos.

VI.1.4. Ícnogênero *Gastrochaenolites*

Terminologia. As perfurações claviformes (do latim *clavae* = porrete; arma de madeira roliça e mais grossa numa das extremidades), podem ser descritas através dos seguintes parâmetros morfológicos (segundo Kelly & Bromley, 1984): abertura, pescoço, câmara principal, base e comprimento (Fig. 19). As perfurações podem variar de forma, desde as sem pescoço até as ornamentadas (Fig. 20).

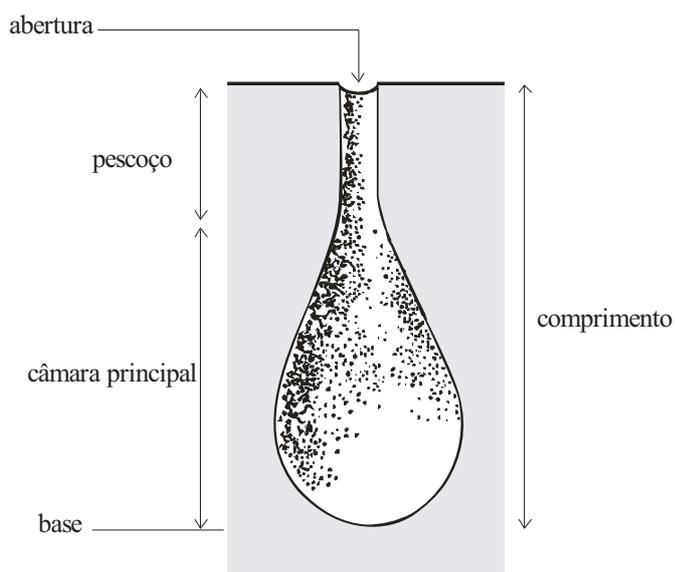


Fig. 19. Terminologia aplicada por Kelly & Bromley (1984) para perfurações em forma de clava.

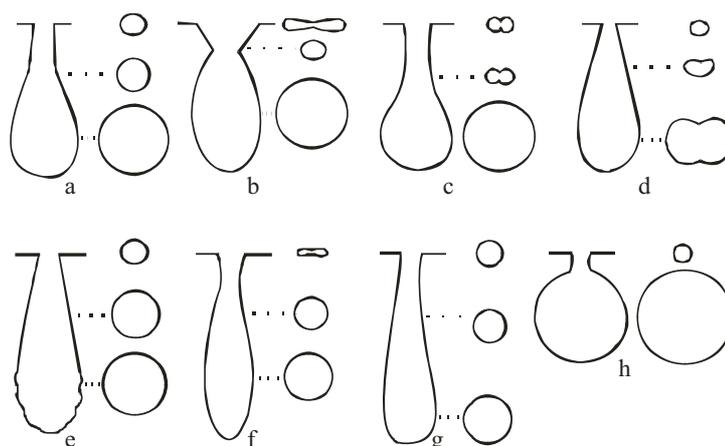


Fig. 20. Esquemas das variações de morfologia de icnoespécies de *Gastrochaenolites*, exibindo seções longitudinais e transversais em vários níveis da perfuração, segundo Kelly & Bromley (1984). a. *Gastrochaenolites lapidicus*; b. *G. ampullatus*; c. *G. dijugus*; d. *G. cluniformis*; e. *G. ornatus*; f. *G. torpedo*; g. *G. turbinatus* e h. *G. orbicularis*.

***Gastrochaenolites* Leymerie, 1842**

ICnoespécie-tipo: *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley, 1984

- 1972 *Trypanites* Mägdefrau. Bromley, p. 95.
- 1976 *Paleolithophaga* Chiplonkar & Ghare, p. 162.
- 1980 *Teredolites* Leymerie. Bradshaw, p. 290-292.
- 1980 *Gastrochaenolites*. Kelly, p. 771.

- 1980 *Teredolites* Leymerie. Kelly (*in* Balson), p. 726.
 1980 *Trypanites* Mägdefrau. Pemberton *et. al.*, p. 1259.
 1984 *Gastrochaenolites* Leymerie. Kelly & Bromley, p. 797.
 1988 *Gastrochaenolites* Leymerie. Jones & Pemberton, p. 5.

Diagnose. Perfurações claviformes em substratos líticos. Região próxima da abertura mais estreita que a câmara principal, podendo ser circular, oval ou em forma de halteres. A abertura pode ser separada da câmara principal por um pescoço que em alguns casos pode ser amplamente dilatado. A câmara principal pode variar de sub-esférica a alongada, tendo uma base truncada parabólica a arredondada e seção transversal circular a oval, modificada em algumas formas por uma crista longitudinal ou ranhuras que produzem uma seção em forma de amêndoa ou coração (Kelly & Bromley, 1984).

Discussão. Leymerie (*apud* Kelly & Bromley, 1984), introduziu os dois primeiros nomes válidos para estas perfurações: os icnogêneros *Gastrochaenolites* e *Teredolites*, sendo os primeiros para substratos líticos e os segundos para madeiras.

De acordo com Kelly & Bromley (1984), o eixo da perfuração pode ser reto, curvo ou irregular, sendo que a parte mais ampla situa-se entre o meio e a base da cavidade. A superfície da perfuração pode ser lisa, ou apresentar esculturas. A ornamentação resulta dos procedimentos físicos de abrasão, refletindo muitas vezes a escultura externa de conchas de bivalves. Os *Gastrochaenolites* típicos variam de diâmetro entre 2 e 45 mm e em comprimento entre 3 e 100 mm.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Do Jurássico ao Recente e documentado como fósseis e estruturas de viventes em todos os continentes.

Gastrochaenolites lapidicus Kelly & Bromley, 1984

(Estampa II; Figuras 1a-h, 2-5)

- 1842 *Gastrochaenolites* Leymerie, p. 2., est. 3, fig. 1a-c.
 1980 *Gastrochaenolites* Leymerie. Kelly, p. 771, figs. 2A-G, 3A-D; est. 96, figs. 17-20, 22-24.
 1980 *Teredolites* Leymerie. Kelly *in* Balson, p. 726.
 2003 *Gastrochaenolites lapidicus*. Péter, p. 33-37.

Diagnose. Perfuração claviforme lisa; oval alongada; seção transversal circular até a região do pescoço, exceto imediatamente na região da abertura onde é oval, mas pode ser circular; base bruscamente parabolóide em seção longitudinal; diâmetro maior localizado aproximadamente no centro da câmara principal (Kelly & Bromley, 1984).

Material. Vários moldes naturais, alguns separados da matriz, outros na matriz e alguns em moldes de moluscos, todos coletados por Geraldo da Costa Barros Muniz nos arenitos calcíferos do topo da Formação Itamaracá na antiga Fazenda Alexandrina, Conde, Paraíba.

Descrição. Perfurações em clava bojuda, lisa; câmara alongada de terminação semi-esférica; pescoço relativamente fino, unindo-se à câmara por cintura suave, em alguns casos imperceptível, e alargando-se na abertura; seção transversal circular; eixo reto ou levemente curvo; diâmetro maior da câmara no meio ou um tanto mais próximo da base; alguns exemplares atravessam valvas de bivalves e outros a matriz.

Discussão. Existe uma significativa variabilidade morfológica nos exemplares analisados, especialmente no que tange ao formato da câmara, ora mais alongada, ora mais bojuda e ao diâmetro do pescoço e posição de uma certa cintura que o separa da câmara. No entanto, tais parâmetros não são suficientes para distanciar as formas tratadas da diagnose de *G. lapidicus*.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Jurássico ao Recente (Kelly & Bromley, 1984).

Classificação etológica e organismos geradores. As perfurações em forma de clava, que consistem de uma abertura estreita, conectando-se através de um pescoço a uma câmara ampla dentro do substrato, concha de moluscos, corais, calcários ou madeiras, resultam, quase que exclusivamente ao trabalho de bivalves. A ocorrência de *Lithophaga (Lithophaga) paraibensis* Muniz, 1993 e *Gastrochaena (Gastrochaena) sp.* Muniz, 1993 (Estampa II, figuras 6 e 7) na mesma localidade e em dimensões compatíveis com os exemplares de *Gastrochaenolites* analisados sugere estas duas espécies como agentes geradores das perfurações. O espécime DGEO-CTG-UFPE-4902, quebrado, exhibe partes de uma concha delgada de *Lithophaga*, além de fragmentos de outras conchas. Em alguns exemplares, como DGEO-CTG-UFPE-4936, a perfuração está revestida por uma casca finamente recristalizada de lâminas concêntricas bastante lisas. Como todas as icnoespécies do icnogênero *Gastrochaenolites*, está relacionada a *Domichnia*.

***Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley, 1984**

(Estampa II; figuras 8,9,12)

1984. *Gastrochaenolites torpedo*. Kelly & Bromley, p.802-803, fig.texto 3f, 8a-b.

Diagnose. Perfuração alongada, lisa, com a parte mais ampla próxima à linha do meio e base agudamente parabólica; região do pescoço marcadamente comprimida, mas abertura oval ou aproximando-se a figura de oito (Kelly & Bromley, 1984).

Material. Muitos exemplares provenientes do calcário da Praia de Jaguaribe e dos calcários de Tambaba e Carapibus; ocorrem tanto associados a moldes de bivalves como em crostas de algas e corais.

Descrição. Perfurações em clavas alongadas ou curtas; seção que se inicia elíptica e torna-se circular do pescoço para a câmara principal; pescoço estreito nos icnoespécimes mais desenvolvidos e menos individualizados nas perfurações jovens; base variável entre semi-esférica a balística.

Discussão. Os exemplares que ocorrem nas crostas de algas e colônias de corais parecem mais longos e maiores que os que ocorrem nos bioclastos, o que pode significar um condicionamento ao substrato disponível. Nos mais desenvolvidos percebe-se uma escultura muito fina gerada pela ação raspadora do bivalve *Lithophaga* (*Lithophaga*) sp.. Apesar desta não ser uma característica diagnóstica desta icnoespécie, de forma geral a cavidade se enquadra em *G. torpedo*.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Segundo Kelly & Bromley (1984) a espécie se distribui do Jurássico ao Recente.

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia. Algumas formas de *Gastrochaenolites* são atribuídas a bivalves perfuradores do gênero *Lithophaga*, enquanto outras ao gênero *Gastrochaena*. As formas estudadas foram produzidas por *Lithophaga* e dividem-se em duas categorias: uma relacionada à atividade bioerosiva em corais e esteiras algais e a outra às perfurações em conchas de moluscos. A atividade nos corais e algas coralíneas foi extremamente intensa, evidenciando que as condições ambientais recifais foram

ideais para a ação deste tipo de bivalve perfurador de substratos consolidados. As figuras 10 e 11 da Estampa II, exibem conchas de *Lithophaga* (*Lithophaga*) sp. e suas cavidades, provenientes dos calcários de Tambaba.

IV.1.5. Ícnogênero *Trypanites*

Trypanites Mägdefrau, 1932

Ícnoespécie-tipo: *Trypanites weisei* Mägdefrau, 1932

- 1840 *Talpina* Hagenow (*partim*), (not species type), p. 671.
 1908 *Clionolithes* Clarke, p. 168 (*partim*), est. 8, figs. 2-5, 7, 8 (not species type).
 1921 *Palaeosabella* Clake, figs. 78, 79, 81-83, 95, 99, 101-103 (non 100).
 1932 *Trypanites* Mägdefrau, p. 151.
 1952 *Specus* Stephenson, p. 51, est. 8, figs. 4-6.
 1962 *Nygmites* Häntzchel, p. w230.
 1968 *Conchifora* Müller, p. 68 (*partim*), 70, fig. 5, est. 1, fig. 2; p. 72, fig. 5, est. 1, fig. 9; est. 5, fig. 1.
 1969b *Vermiforichnus* Cameron, p. 190, fig. 72.
 1971 “*Potamilla*”. Glezek *et al.*, p. 439-441 (*partim*), figs. 2a-g.
 1972 *Trypanites*. Bromley, p. 95 (*partim*), figs. 1 H, G, F.
 1979 *Trypanites*. Hofmann, p. 52, est. 21 B-E.
 1979 *Vermiforichnus*. Hofmann, p. 54, est. 22 A-F.
 1980 *Trypanites*. Pemberton *et al.*, p. 1258-65 (*partim*), est. 1.
 1980 *Ramosulcichnus*. Pemberton *et al.*, p. 1259.
 1984 *Vermiforichnus*. Sando, p. 190, fig. 1D, 2A,D.
 2007 *Trypanites*. Blisset & Pickerill, p. 94

Diagnose. Perfurações de entradas simples, cilíndricas a sub-cilíndricas, não ramificadas, em substratos líticos, com seção transversal circular; eixos retos, curvos ou irregulares (Bromley & D’Alessandro, 1987).

Discussão. De acordo com Bromley (1972), estão incluídas neste ícnogênero as perfurações em forma de bolsa, exceto aquelas relacionadas com cirrípedes acrotorácicos. A partir da entrada simples, a perfuração estende-se como uma cripta simples. De acordo com Häntzshel (1975) estas perfurações são aparentemente produzidas por vermes Polychaeta (Fig. 21).

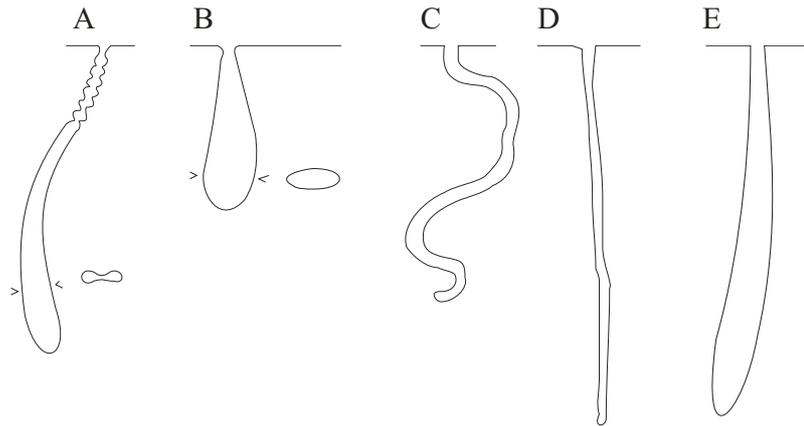


Figura. 21. Variação de formas de perfurações atribuídas a *Trypanites*. A. *Trypanites biforans* (Gripp); B. *Trypanites cretacea* (Voigt); C. *Trypanites solitarius* (Hagenow); D. *Trypanites weisei* Mägdefrau e E. forma comum resultante de trabalho de sipunculídeos ou anelídeos (Bromley, 1972).

Trypanites solitarius (Hagenow, 1840)

(Estampa III, figura 3)

1840. *Talpina solitaria*. Hagenow, p. 671.
 1849. *Talpina solitaria*. Quenstedt, p. 470, Est. 30., fig. 37.
 1972. *Trypanites solitarius*. Bromley, p. 95-96.

Diagnose. *Trypanites* simples, mais ou menos cilíndrico com curso reto ou suavemente curvo, geralmente se desenvolve perto da superfície do substrato; diâmetro de cerca de 1 mm e comprimento de cerca de 3 mm.

Material. Alguns espécimes na matriz areno-carbonática das localidades de Árvore Alta, Garapu e Fazenda Alexandrina, na Formação Itamaracá.

Descrição. Perfurações delgadas, cilíndricas, alongadas e suavemente tortuosas, levemente mais bojudas distalmente e encerrando-se de forma sub-esférica; se desenvolvem solitariamente na matriz e claramente se adaptam aos interstícios entre os grãos de quartzo, e se limitam à fração pelítico-carbonática.

Discussão. A forma ora descrita ocorre de forma relativamente rara nos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá. Certamente sua preservação sofreu interferência do alto grau de recristalização das camadas. Além disso, a dificuldade de se encontrar superfícies de penetração no substrato, também interfere na frequência com que aparecem nas amostras.

Distribuição estratigráfica e geográfica. A icnoespécie tem sido documentada no Cretáceo (Bromley, 1972) e tem ampla distribuição geográfica.

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia. O icnogênero tem sido associado à ação de poliquetas e sipunculídeos.

Trypanites fimbriatus (Stephenson, 1952)

(Estampa III, figuras 1,2)

- 1908 *Clionolithes (Vioa) priscus* Clarke (non McCoy, 1852), p. 168, est. 8, fig. 8., ? 4; ? est. 9, fig. 1.
 1921 *Palaeosabella prisca* Clarke, figs. 81, 82, 96, 102, 103.
 1952 *Specus fimbriatus* Stephenson, p. 51, est. 8, figs. 4, 6.
 1968 *Conchifora zylindriciformis claviformis* Müller, p. 72, est. 1, fig. 9; est. 5, fig. 1; Figura-texto 5.
 1969a *Vermiforichnus clarkei* Cameron, p. 190 (partim).
 1975 *Specus fimbriatus*. Häntzchel, p. W133, fig. 82.3.
 1976 *Talpina annullata*. Robba & Ostinelli, p. 541, est. 73, figs. 6, 7; est. 74, figs. 1-5.
 1977 *Trypanites weisei*. Kobluk *et al.*, fig. 17.
 1979 *Vermiforichnus* sp. Hoffmann, p. 54; est. 22, A-F.
 1980 *Trypanites* Pemberton *et al.*, p. 1259-1265 (partim), est. 1.
 1987 *Trypanites fimbriatus* (Stephenson, 1952). Bromley & D'Alessandro, p. 405-406, est. 42, fig. 5.
 2004 *Trypanites* aff. *fimbriatus*. Vinn, p. 4; est. 1, 2; figuras-texto 3,-5.
 2007 *Trypanites fimbriatus*. Blissett & Pickerrill, Est. 5, fig. 2.

Diagnose. Perfurações simples, levemente em forma de clava com porção distal um tanto intumescida; eixos retos ou levemente curvos, geralmente perpendiculares à superfície de que se originam, mas dentro do substrato são forçados a desenvolver-se paralelamente; nunca se cruzam ou interpenetram, mas exibem estratégias de escape (Blissett & Pickerrill, 2007).

Material. Ocorre como preenchimentos naturais na superfície de moldes internos e externos de bivalves e gastrópodes e em praticamente todos os pequenos fragmentos de conchas do calcário argiloso da Pedreira São Bento da Formação Maria Farinha.

Descrição. Perfurações em clava que se alarga de forma suave e constante, com poucas e discretas constrições e terminações semi-esféricas; cursos retos, levemente encurvados ou curvos, exibindo claras estratégias de desvio; geralmente partem da margem de bivalves rumo aos umbos, o que não é regra; algumas galerias parecem ter aproveitado galerias abandonadas, e iniciam seus cursos em suas terminações; ocorre geralmente em grupos.

Discussão. A icnoespécie *Trypanites fimbriatus* é bastante reconhecível devido à forma característica de clava e às dimensões relativamente recorrentes. A espécie é extremamente comum em praticamente todos os fragmentos de conchas de São Bento, revelando uma verdadeira infestação *pos-mortem*. A figura 22 exibe um gráfico da relação entre comprimento e diâmetro médio de 26 exemplares selecionados para análise morfométrica. A figura 23 mostra vários aspectos das galerias distribuídas em fragmentos de conchas.

Distribuição estratigráfica e geográfica. A icnoespécie ocorre desde o Cambriano e tem ampla distribuição geográfica.

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia. O icnogênero tem sido associado à ação de poliquetas e sipunculídeos.

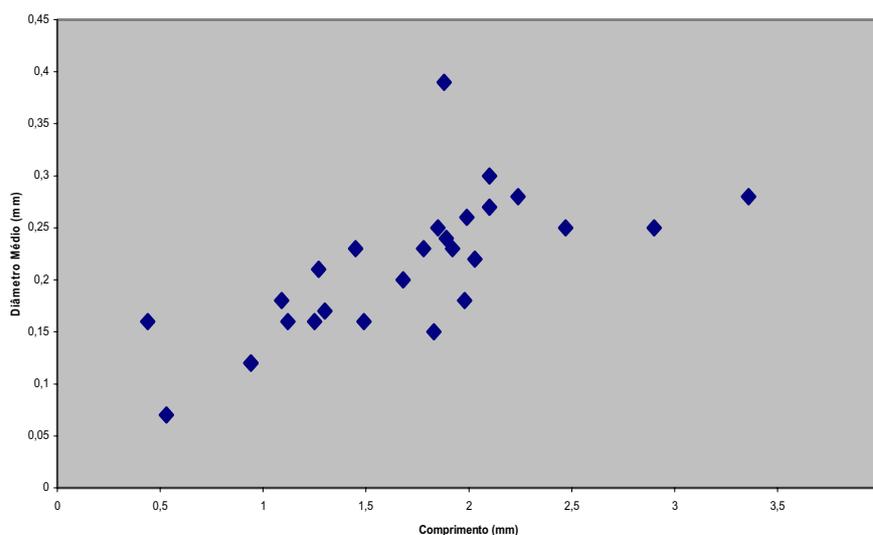


Figura 22. Gráfico mostrando a distribuição da relação entre comprimento e diâmetro médio em milímetros de 26 exemplares de *Trypanites fimbriatus* da Pedreira São Bento, Formação Maria Farinha.

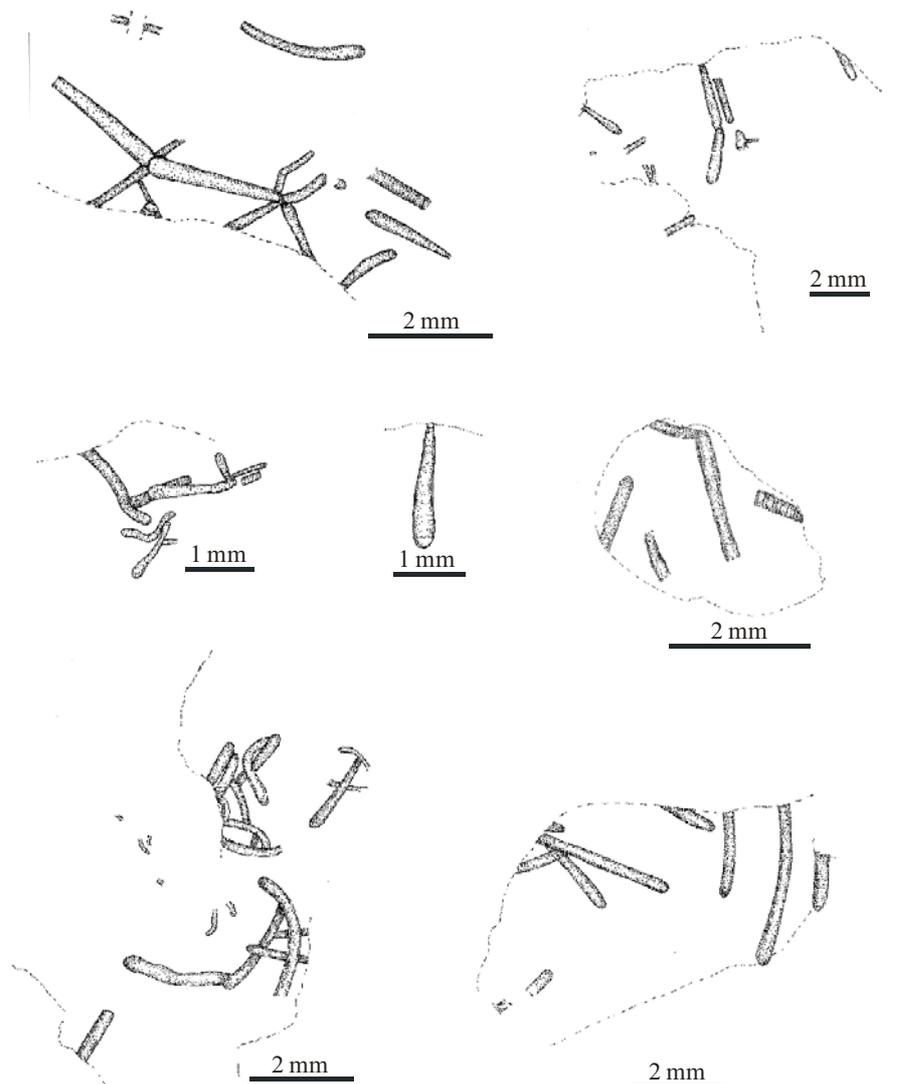


Fig.23. Vários aspectos de moldes das galerias em clava de *Trypanites fimbriatus* em pequenos fragmentos de conchas, provenientes da Pedreira São Bento, da Formação Maria Farinha.

IV.1.6. Ícnogênero *Vermiforichnus*

***Vermiforichnus* Cameron, 1969**

Diagnose. Perfurações variáveis em diâmetro entre 0,05 e 3mm, geralmente entre 0,2 e 1mm, mas que podem atingir 20mm de comprimento; lisas, com poucas irregularidades, geralmente com seções transversais circulares, mas podem ser ovais a achatadas se a direção da perfuração mudar para uma porção mais delgada do substrato hospedeiro; normalmente

variam de retas a levemente curvas, raramente irregulares ou enroladas; galerias não se interceptam e se curvam para evitar outras, e permanecem completamente dentro dos esqueletos dos hospedeiros, onde quase sempre termina; novos trechos depois de uma curva de 90° geram frequentemente aumento de quase 20% de diâmetro; algumas vezes têm terminação subclaviformes; ramificações e *spreiten* são ausentes (a partir de Cameron, 1969b).

Vermiforichnus isp.

(Estampa III, figuras 4,5)

Material. Um molde natural (DGEO-CTG-UFPE-6314) de galeria sobre molde interno de *Crassatella dilabida*, proveniente da antiga Pedreira São Bento, Formação Maria Farinha.

Descrição. Molde interno de galeria cilíndrica de seção circular de pelo menos 20 mm de comprimento, muito suavemente comprimida em determinadas partes do percurso, variando entre 1,6 e 1,8 mm de diâmetro sobre molde interno de *Crassatella dilabida*; o curso parece ter se desenvolvido da região ligamentar anterior próxima ao umbo, seguindo quase reto até a margem ântero-ventral, onde se curva em ângulo de 90° para dirigir-se à margem póstero-ventral; superfície lisa com pequenas protuberâncias arredondadas espaçadas e inclinadas na direção da parte levemente mais delgada da galeria, exceto uma delas que aponta para a margem do substrato como se representasse uma prospecção do limite do substrato, seguida pela curva brusca da galeria que volta a desenvolver-se no interior do substrato; a galeria ocupa praticamente toda a espessura do substrato, e se desenvolve muito tangencialmente à superfície do molde interno e dela somente se distancia por frações de milímetros em parte do percurso (Fig. 24).

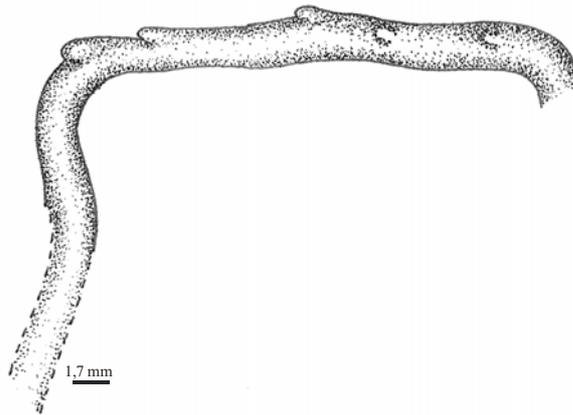


Figura 24. Parte de galeria de *Vermiforichnus* isp., exibindo a curva característica de 90° para permanecer no interior do substrato (amostra DGEO-CTG-UFPE-6314).

Discussão. Cameron (1969b) alertou para o fato de que todas as formas atribuídas a perfurações de vermes do Devoniano têm recaído em *Vermiforichnus clarkei* Cameron, 1969, apesar de algumas diferenças morfológicas e que todas as demais são identificadas como *V.* cf. *V. clarkei*, evidenciando a falta de fatores consistentes de distinção.

Hoare & Walden (1983), numa análise de dezenas de perfurações atribuídas a *Vermiforichnus clarkei* do Devoniano médio de Ohio, observaram 3% de ramificação das perfurações, mas admitiram que em determinadas situações isto pode ser confundido com a passagem de uma galeria sob outra.

O morfotipo ora descrito enquadra-se bem na diagnose de *Vermiforichnus* e assemelha-se bastante, em aspectos gerais, a vários icnoespécimes ilustrados. Aproxima-se de *Cunctichnus* apenas pela presença das pequenas protuberâncias que apontam para a direção de perfuração como projeções prospectivas. Porém as pequenas protuberâncias da forma de São Bento são muito menores, unitárias e bojudas. Cameron (1969b) admite “poucas irregularidades” para *Vermiforichnus* e ressalta as características curvas em 90° quando as galerias atingem os limites dos substratos hospedeiros, características presentes no morfotipo aqui tratado.

Admitindo-se que a forma do Paleoceno de Pernambuco pode enquadrar-se em *Vermiforichnus*, surgem aqui duas possibilidades: a sugestão de ampliação da distribuição do icnogênero, limitada ao intervalo Ordoviciano-Permiano, se *Cunctichnus* (Jurássico) não for considerado sinônimo de *Vermiforichnus*, ou a necessidade, já apontada por Cameron (1969b) de revisão da taxonomia do próprio icnogênero *Vermiforichnus*. É possível que as duas possibilidades sejam verdadeiras, mas somente a evolução dos trabalhos taxonômicos será capaz de resolver o aparente impasse.

Distribuição estratigráfica do icnogênero. O icnogênero *Vermiforichnus* tem sido documentado no intervalo Ordoviciano-Permiano.

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia. Vinculada por Cameron (1969b) à atividade de vermes Spionidae.

IV.1.7. Ícnogênero *Lapispecus*

Ícnogênero *Lapispecus* Voigt, 1970

Ícnoespécie-tipo *Lapispecus cuniculus* Voigt, 1970

1970 *Lapispecus* Voigt, p. 373.

1987 ?*Lapispecus* isp., Bromley & D'Alessandro, p. 402; est. 43, fig. 3; est. 44, fig. 5.

Diagnose. Perfuração longa e cilíndrica, que aumenta ligeiramente de diâmetro no interior de concreções dolomíticas; conforme espaço disponível no interior do substrato pode formar convoluções apertadas ou arcos e voltas abertas; no fim das convoluções pode apresentar-se mais alargada; exhibe estrutura como aspa, delgada e pontiaguda (*Lappen*) num dos lados da perfuração, que se desenvolve para dentro do substrato, acompanhando parcialmente a estrutura cilíndrica como uma fenda (a partir de Voigt, 1970), figura 25.

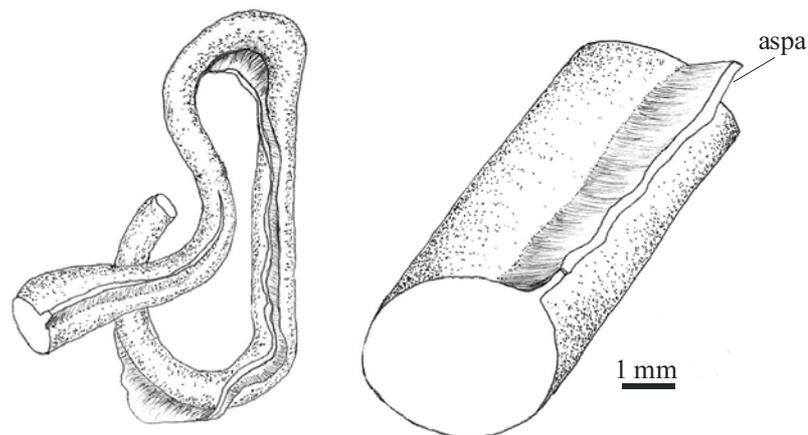


Figura 25. Desenho esquemático de *Lapispecus cuniculus*, exibindo a aspa longitudinal em vista geral e detalhe (Voigt, 1970).

Lapispecus isp.

(Estampa III, figura 6)

Material. Um molde natural sobre molde externo de *Barbatia* proveniente de Tambaba, Formação Maria Farinha superior.

Descrição. Molde natural de perfuração longa (16 mm), sinuosa, de seção sub-circular (1-1,5 mm) e dotada de aspa longitudinal, iniciando-se inclinada em relação à superfície do substrato, na região póstero-ventral de valva de *Barbatia*, e logo desenvolve-se paralela e contiguamente à superfície externa da valva, até a margem ântero-dorsal; aspa irregular, levemente ondulada, delgada em algumas porções e arredondada na maior parte do curso e até confundir-se com a galeria principal, sinuosa como a galeria, mas incongruente nos meandros; galeria longitudinalmente comprimida no início do trajeto, tanto no lado voltado para a superfície externa do substrato como no lado da aspa (Fig. 26).

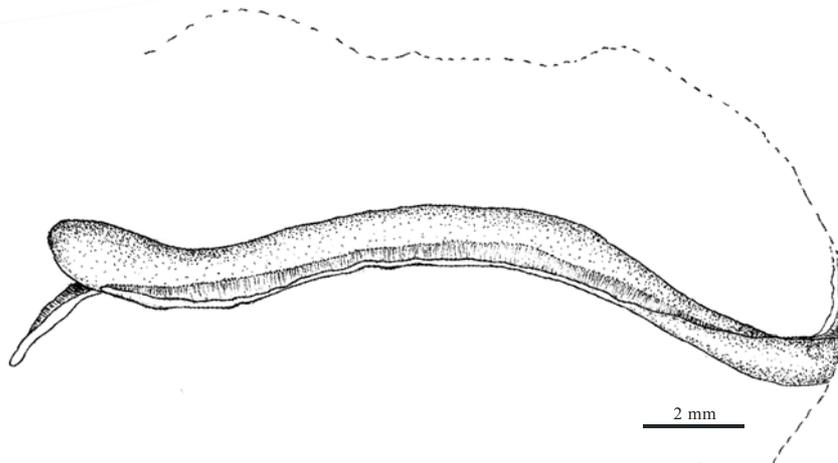


Figura 26. Desenho sob câmara-clara de molde natural da galeria atribuída a *Lapispecus* isp., exibindo a aspa longitudinal. Formação Maria Farinha superior.

Discussão. A forma ora descrita tem os mesmos parâmetros morfológicos gerais de *Lapispecus cuniculus* Voigt, 1970, com a galeria e aspa longitudinal, especialmente quando comparada com o esquema gráfico. Porém, os icnoespécimes alemães apresentam comportamento mais convoluto e contorcido, permitindo apenas a identificação da forma paraibana em nível icnogenérico.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Santoniano da região alemã de Harzvolande (Voigt, 1970); Plio-Pleistoceno do sul da Itália (Bromley & D'Alessandro, 1987).

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura do tipo *Domichnia* e atribuída por Voigt (1970) a vermes Polychaeta.

IV.1.8. Ícnogênero *Conchotrema*

Ícnogênero *Conchotrema* Teichert, 1945

1916 *Clionolithes*. Price, p. 688 (not Clarke, 1908).

1918 *Clionolithes*. Price, p. 790.

1945 *Conchotrema* Teichert, p. 203.

1987 *Conchotrema* Bromley & D'Alessandro, p. 388-391.

Diagnose. Sistema de perfurações tubulares em substratos líticos, exibindo ramificações irregularmente repetidas e anastomosadas em todas as direções; raramente mais que poucos milímetros entre ramificações, mas a densidade de ramificação varia; diâmetro das perfurações aproximadamente entre 0,1 e 0,25mm; curso quase reto a contorcido e sinuoso; aberturas numerosas (Bromley & D'Alessandro, 1987).

Conchotrema canna (Price, 1916)

(Estampa III, figuras 7,8)

1916 *Clionolithes canna* Price, p. 688, est. 30, fig. 1.

1918 *Clionolithes canna*. Price, p. 790.

1921 *Clionolithes canna*. Clarke, fig. 91.

1945 *Conchotrema tubulosa* Teichert, p. 204; est. 1, figs. 1, 2; est. 2, figs. 1, 2; est. 3, figs. 2-4.

1952 *Graysonia bergquisti* Stephenson, p. 53 (partim); est. 9, fig. 4.

1969b *Conchotrema canna*. Cameron, p. 691-692; est. 1, figs. A,B.

1987 *Conchotrema canna*. Bromley & D'Alessandro, p. 391, est. 39, fig. 2; est. 40, figs. 2, 6; est. 41, fig. 4; est. 43, fig. 2; est. 44, fig. 3; est. 47, fig. 4.

Diagnose. Tubos finos, livremente ramificados e anastomosados, de maneira a formar em desenvolvimento denso uma massa irregular de filamentos de várias espessuras; perfurações variam levemente de diâmetro, raramente atingindo mais que 0,2 mm; raramente sem ramificação por mais de 2mm entre nódulos; ramos retos, mais ou menos curvos a altamente sinuosos; aberturas numerosas (Bromley & D'Alessandro, 1987).

Material. Ocorre em diversos exemplares, mas está particularmente preservada nas amostras DGEO-CTG-UFPE-6315, sobre molde externo de *Barbatia* e DGEO-CTG-UFPE-6316 sobre *Ostrea*, provenientes de Tambaba.

Descrição. Sistema de galerias tubulares finas e lisas, desenvolvido em toda a extensão do substrato, apesar de incompleto, de forma mais ou menos paralela à superfície, mas exibindo entrelaçamentos, bifurcações e algumas contorções; diâmetro das galerias aproximadamente constante (0,18-0,34 mm); algumas galerias claramente se esquivam de outras e pelo menos uma parece ter se desenvolvido a partir de câmara de *Entobia laquea* (Fig. 27).



Figura 27. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas às icnoespécies *Conchotrema canna*, sistema de galerias tubulares, parcialmente preservado; *Maeandropolydora sulcans*, galerias cilíndricas e provavelmente câmara de *Entobia laquea*, a partir de onde desenvolve-se galeria ramificada de *C. canna*. Ao lado das galerias cilíndricas enroladas de *Maeandropolydora sulcans*, no canto direito inferior, duas cavidades em forma de lágrima atribuídas ao morfotipo A.

Discussão. O icnogênero *Conchotrema* Teichert, 1945 [*Conchotrema tubulosa* Teichert, 1945; *Conchotrema canna* (Price, 1916) Cameron, 1969] é tratado por Wilson (2007) como sinônimo do icnogênero *Talpina* Hagenow, 1840 [*Talpina ramosa* von Hagenow, 1840; *Talpina eduliformis* Quenstedt, 1858; *Talpina gruberi* Mayer, 1952; *Talpina hirsuta* Voigt, 1975; *Talpina annulata* Voigt, 1975; *Talpina bromleyi* Fursich, Palmer & Goodyear, 1994; *Talpina hunanensis* Stiller, 2005]. Realmente, a diagnose de *Conchotrema* não justifica uma entidade taxonômica autônoma, o que significa que há uma necessidade de revisão taxonômica das icnoespécies definidas para os dois icnogêneros, o que certamente acarretará numa redução da quantidade de nomes. No entanto, optou-se aqui pela identificação do

morfotipo da amostra 6315 como *Conchotrema canna* (Price, 1916) pelo fato de ter sido aceita por Cameron (1969b) e Bromley & D'Alessandro (1987), com características diagnósticas relativamente recentes e boas ilustrações.

Distribuição estratigráfica. Icnospécie documentada por Teichert (1945) no Permiano da Austrália e por Bromley & D'Alessandro (1987) no Plio-Pleistoceno italiano.

Organismo gerador. Estrutura provavelmente gerada por vermes Phoronidae.

IV.1.9. Grupo *Caulostrepsis-Maeandropolydora*

Terminologia e discussão. Os icnogêneros *Caulostrepsis* e *Maeandropolydora* têm morfologias relativamente complexas e envolve uma série aparentada de galerias que vão de uma forma básica dobrada em U até formas mais esculturais enroladas, dobradas em laços e com a formação de estruturas como bolsas (*Maeandropolydora* e *Lapispecus*).

Bromley (1970) chegou a admitir que o icnogênero *Caulostrepsis* não corresponderia a verdadeiras perfurações e sim a cavidades de acamamento. Já Cameron (1969), interpretou tentativamente o icnogênero como resultante de perfurações de vermes Spionidae. Atualmente sabe-se que os polidoros são grandes responsáveis pela formação de galerias em conchas de moluscos, especialmente ostras, que se deformam gerando varizes para restaurar os danos causados por estes poliquetas. Ruellet (2004) refere-se ao icnogênero *Caulostrepsis* e admite a semelhança com as galerias de polidoros atuais.

Bromley & D'Alessandro (1983) indicaram a necessidade de uma terminologia para tratar as diversas partes morfológicas dos icnogêneros *Maeandropolydora* e *Lapispecus*, referindo-se a comprimento, largura e espessura, galeria, depressão axial, ramos, vértice, aspa e abertura em formas elípticas, oval achatadas, comprimidas, em oito e em forma de halteres, podendo exibir sulcos. Nesta terminologia, os autores se baseiam no padrão morfológico de icnogêneros de formas semelhantes, mas gênese distinta (*Diplocraterion* e *Rhizocorallium*) rejeitando, porém, o uso de *spreite* para a estrutura entre os ramos de galerias, já que a estrutura entre os ramos de *Caulostrepsis* não é equivalente em construção ou morfologia ao *spreite* que ocorre nas duas formas de substratos moles. Ainda segundo Bromley & D'Alessandro (1983), em *Caulostrepsis* ela deve ser uma fenda aberta no substrato duro, ou

pode ser preenchida por sedimento resultante do processo de perfuração (como num *spreite*) ou coletado fora do substrato. A fenda é mais comparável às que ocorrem nos briozoários e chamado de aspa (*vane*) por Pohowski (1978). Os autores referem-se ainda a estruturas em forma de bolsas em *Maeandropolydora*. Acrescenta-se neste trabalho um esquema para *Maeandropolydora* semelhante ao ilustrado por Bromley & D'Alessandro (1983) para *Caulostrepsis*, bem como introduz-se o termo linhas de crescimento da aspa (Fig. 28).

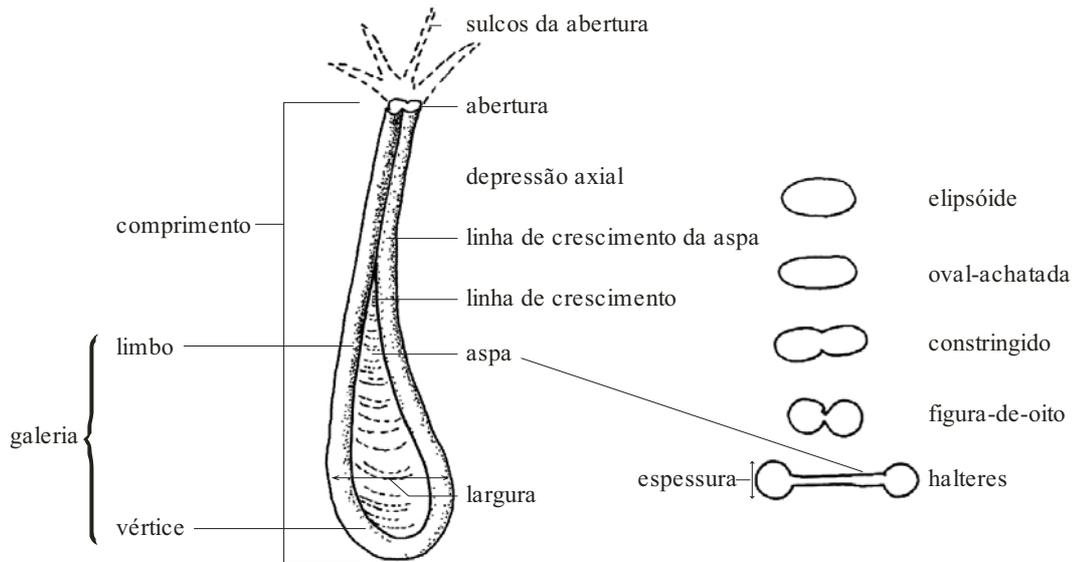


Figura 28. Terminologia aplicável às descrições dos icnogêneros *Caulostrepsis* e *Maeandropolydora*. Segundo Bromley & D'Alessandro (1983).

Bromley & D'Alessandro (1987) trataram os icnotáxons *Maeandropolydora barocca* Bromley & D'Alessandro, 1987, *M. crassa* Bromley & D'Alessandro, 1987, *M. sulcans* Voigt, 1965 e *Lapispecus* Voigt, 1970 sob a designação Grupo *Maeandropolydora*. Diante da aparente familiaridade genética que os icnogêneros *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora* e *Lapispecus* apresentam e de suas morfologias também muito assemelhadas, prefere-se aqui o uso do termo Grupo *Caulostrepsis-Maeandropolydora*, com inclusão de icnogênero *Lapispecus* (Fig. 29).

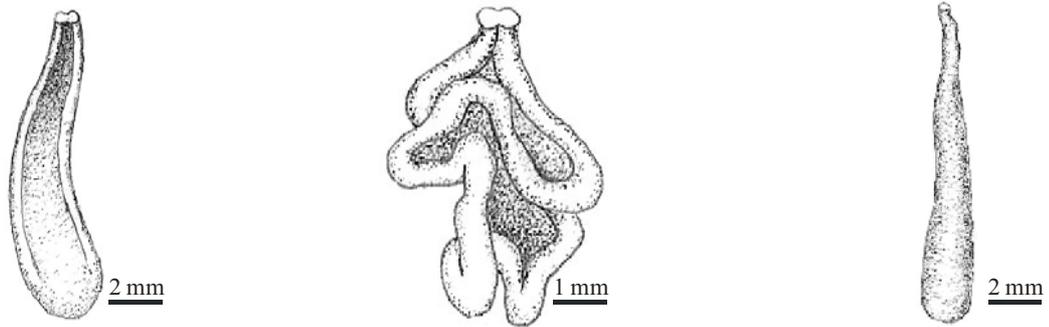


Figura 29. Alguns morfotipos esquemáticos de icnoespécies relacionadas a perfurações de poliquetas do icnogênero *Caulostrepsis*. A. *Caulostrepsis taenicola* Clarke, 1908 e B. *Caulostrepsis contorta* Bromley & D'Alessandro, 1983, com bolsas cujos ramos estão unidos por aspas; C. *Caulostrepsis cretacea* Voigt, 1971. Segundo Bromley & D'Alessandro (1983).

ICNOGÊNERO *Caulostrepsis* Clarke, 1908

ICNOESPÉCIE-TIPO: *Caulostrepsis taenicola* Clarke, 1908

1908 *Polydorites* Douvillè, p. 365.

1971 *Dodecaceria* Voigt (non Örsted), p. 150, est. 15, fig. 12; est. 16, figs. 1-9.

1973 *Ramosulcichnus* Hillmer & Schulz, p. 9, figs. 1, 6, 9; est. 1; est. 2, figs. 1-3, 5-7, 9; est. 3, figs. 1,3,4,6,8,9.

Diagnose. Perfurações de entrada simples ou estruturas embutidas em forma de bolsa ou orelha produzida por galeria dobrada em forma de U; estruturas mais complexas podem ser produzidas pelo desenvolvimento de lobos múltiplos no mesmo plano básico em U; ramos podem ser claramente visíveis longitudinalmente e conectados por uma aspa, ou podem fundir-se para produzir uma bolsa oval ou achatada sem a aspa; ocorrem todas as situações intermediárias, envolvendo uma depressão axial; na porção terminal distal a profundidade é pelo menos o dobro da espessura; a seção transversal nessa parte varia de oval achatada, elíptica ou apertada em forma de badalo; na terminação da abertura a profundidade é geralmente visivelmente menor que na terminação distal, mas a forma da seção pode ser mais ou menos a mesma, ou subcircular; em alguns casos, fileiras simétricas de cavidades profundas podem desenvolver-se em direção à terminação da abertura; a abertura pode ter a mesma forma da seção transversal proximal, ou pode ser modificada pelo desenvolvimento de ramos superficiais ou sulcos da abertura, normalmente 2 a 4 em número, radiando-se a partir dela (Bromley & D'Alessandro, 1983).

Caulostrepsis cretacea (Voigt, 1971)

1970 *Dodecaceria* (?) sp. Voigt, p. 375; est. 6, figs. 2-5.

1971 *Dodecaceria cretacea* Voigt, p. 150; est. 15, fig. 12; est. 16, figs. 1-9.

1972 *Trypanites cretacea*. Bromley, p. 95, fig. 1-i.

1983 *Caulostrepsis cretacea*. Bromley & D'Alessandro, p. 291, 292; est. 21, figs. 1, 3; est. 22.

2001 *Caulostrepsis cretacea*. Rozália, p. 15, est. 2, fig. 2. Figura-texto 3.

2002 *Caulostrepsis cretacea*. Pickerill *et al.*, p. 108, 109; fig. 2A.

Diagnose. Galerias dobradas em U longos e rasos com paredes da face interna dos ramos fundidas por remoção completa; posição original da parede mediana indicada algumas vezes por uma depressão axial muito rasa ao longo da estrutura; aspa ausente; seção transversal elíptica achatada mas exibindo decréscimo gradual em largura para o lado da abertura; abertura oval achatada (Bromley & D'Alessandro, 1983).

Material. Vários moldes de galerias sobre moldes de bivalves da localidade de São Bento, Formação Maria Farinha; alguns moldes de galerias em associação com *Caulostrepsis taenicola* (Fig. 30) sobre molde interno de *Cimomia pernambucensis*, da Pedreira Poty, Formação Maria Farinha; alguns fragmentos em moldes e restos de conchas recristalizadas das localidades de Fazenda Alexandrina e Árvore Alta, da Formação Itamaracá.

Descrição. Perfurações dobradas em U com limbos fundidos com forma geral de língua, mas pode exibir suave depressão entre os limbos, aspa ausente; cursos retos, sinuosos, torcidos; seção transversal elíptica achatada, tornando-se mais delgada e comprimida para a região da abertura, que pode servir para mais de um par de galerias; cursos podem seguir paralelamente à superfície dos substratos, ou desenvolver-se em várias direções se o substrato permitir.

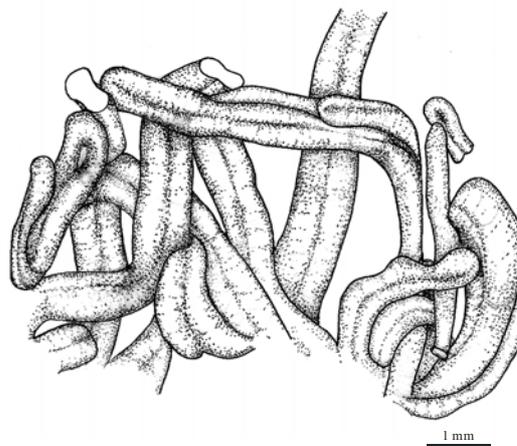


Figura 30. Desenho sob câmara-clara de conjunto de moldes naturais de galerias atribuídas a *Caulostrepsis cretacea*. Pedreira São Bento, Formação Maria Farinha, Pernambuco.

Discussão. A icnoespécie *Caulostrepsis cretacea* foi identificada em associação com *Caulostrepsis taenicola* ou *Maeandropolydora*, ou ainda ocorrendo de forma solitária. Algumas galerias que ocorrem associadas a *C. taenicola* são mais difíceis de individualizar, pois podem ter sofrido influência de suas galerias ou vice-versa. Alguns conjuntos de galerias sugerem o uso comum de uma mesma abertura e certamente resultantes de xenomorfismo à maneira das perfurações entobianas.

O agrupamento mostrado na figura 30, exhibe galerias que pouco se alargam, seguindo cursos contíguos e esquivando-se. Os pares de galerias demonstram leve depressão mediana, mas sem afastamento para aspa, exceto em pequeno trecho onde os limbos se afastam, mas onde não há formação de aspa.

Distribuição estratigráfica. Documentada por Voigt (1970) no Santoniano de Harzvorlande (Alemanha) e por Voigt (1971) no Maastrichtiano da Holanda; Bromley & D'Alessandro (1983) documentaram a icnoespécie no Plio-Pleistoceno inferior de Bari, Itália; Rozália (2001) no Mioceno inferior da Hungria e Pickerill *et al.* (2002) no Mioceno das Antilhas.

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura do tipo *Domichnia* associada à ação de vermes em geral.

Caulostrepsis taenicola Clarke, 1908

(Estampa III, figuras 9-12)

- 1908 *Polydorites* Douvillé, p. 365.
 1908 *Caulostrepsis taenicola* Clarke, 1980, p. 169, est. 12, figs. 3,4.
 1921 *Caulostrepsis taenicola*. Clarke, p. 92, figs. 84a,b.
 1944 *Caulostrepsis dunbari* Condra & Elias, p.549, est. 10, fig. 1; est.11, fig. 8.
 1944 *Polydora* sp. Stenzel & Turner, p. 305, est. 1, figs. 30(?), 32, 39, 40.
 1965 *Caulostrepsis taenicola*. Häussell, p. 392, fig. 4,5.
 1965 *Caulostrepsis taenicola*. Voigt, p. 206, figs. 3a,c.
 1965b *Caulostrepsis taenicola*. Häntzschel, p. 206; figura-texto 3a-c.
 1966 perfurações de *Polydora*. Boëkschoten, p. 358, est. 3, fig. C.
 1969 *Polydora ciliata* Radwanski (*non* Johnston), p. 13, fig. 3; est. 4, fig. 3; est. 37.
 1969 *Polydora hoplura* Radwanski, p. 14, fig. 4A, B a-e; est. 19, fig. 1; est. 24, fig. 4; est. 37, figs. 5-6; est. 41, fig. 1.
 1969b *Caulostrepsis*. Cameron. p. 691.
 1976 Cavidade produzida poliqueta, Robba & Ostinelli, p. 544-545, est. 74, fig. 6; est. 75, figs. 1-2.
 1971 *Dodecaceria* Voigt (*non* Örsted), p. 150, est. 15, fig. 12; est. 16, fig. 1-9.
 1973 *Ramosulcichnus* Hillmer & Schulz, p.9, fig. 1, 6, 9; est. 1; est.2, figs. 1-3, 5-7, 9; est.3, figs. 1, 3, 4, 6, 8, 9.
 1979 *Polydora* aff. *ciliata* Mayoral & Sequeiros (*non* Johnston), p. 129, est. III, figs. 1a, b, figs. 3 a-b; est. IV, fig. 2, figs. 3 a-b; est. V, figs. 1b-3; est. VI, fig. 2; est. III.
 1981 perfurações de anelídeos. Martinell & Domènech, p. 147, est. 1, fig. 1.
 1983 *Caulostrepsis taenicola*. Bromley & D'Alessandro, p. 287-288, fig. 8a, est.21, fig. 2; est. 25, fig. 2.
 1986a *Caulostrepsis taenicola*. Mayoral, p. 256, fig. 60; est. V, figs. 1-16.
 1998 *Caulostrepsis taenicola*. Pickerill *et al.*, p. 20, figs. 4b, 6a.

- 2001 *Caulostrepsis taenicola*. Rozália, p. 12; est. 2, fig. 1; figura-texto 3.
2001 *Caulostrepsis taenicola*. David, p. 8.
2002 *Caulostrepsis taenicola*. Mayoral & Muñiz, p. 78, est. 2, fig. 6; est. 3, fig. 1.
2002 *Caulostrepsis taenicola*. Pickerill *et al.*, p. 110, fig. 2B
2003 *Caulostrepsis taenicola*. Péter, p. 33-37.
2004 *Caulostrepsis taenicola*. Lorenzo & Verde, p. 322; fig. 3C.

Diagnose. Galeria cilíndrica, dobrando-se em U raso que é em alguns casos alargado na forma de uma língua; margens internas dos ramos são sempre interconectados por uma aspa distinta; ramos se aproximam ou se fundem parcialmente para o lado da extremidade da abertura; seção transversal em forma de halteres; abertura em forma de oito (Bromley & D'Alessandro, 1983).

Material. Vários moldes naturais de calcário argiloso e preenchimentos de galerias sobre moldes externos de bivalves da localidade de São Bento; moldes sobre molde interno de *Cimomia pernambucensis* da Pedreira Poty e sobre molde externo de gastrópode da localidade de Tambaba, todos da Formação Maria Farinha.

Descrição. Perfurações cilíndricas com limbos dobrados em U que se alarga com o desenvolvimento, que invade os substratos conchíferos paralelamente à superfície, com eixos de penetração retos ou curvos e, quando agrupadas, afastando-se em leque; preferencialmente partem da margem de bivalves em direção aos umbos; galerias podem esquivar-se de outras, alargar-se na dobra distal ao encontrar outra galeria ou fim do substrato, curvar-se de forma torcida e passar por cima ou por baixo de galerias vizinhas; a forma de U pode desenvolver-se sempre alargando-se, pode eventualmente seguir com largura quase constante ou apresentar constrições laterais e pregas; aspa sempre presente, mais próxima da superfície externa do substrato e portanto menos perceptível quando vista a partir do lado interno em moldes sobre moldes externos de bivalves; linhas de crescimento da aspa geralmente visíveis; aberturas em forma de halteres (Fig. 31).

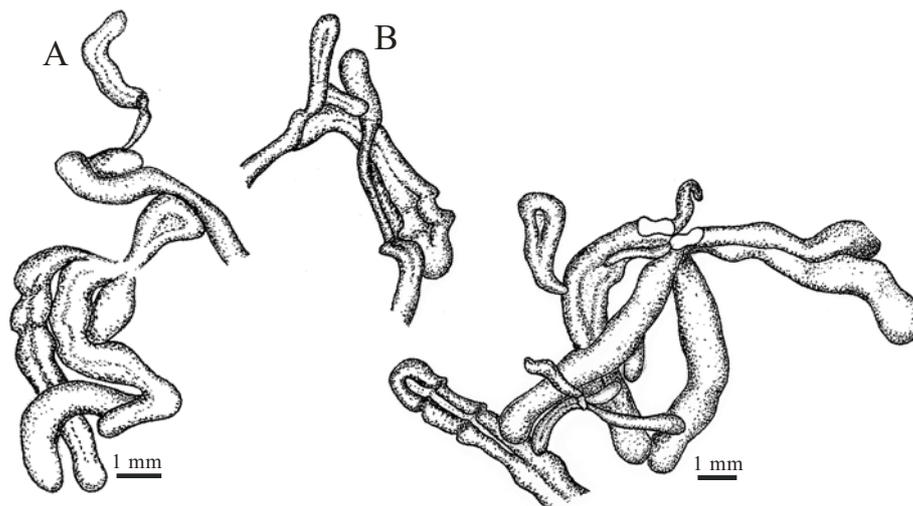


Figura. 31. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de galerias atribuídas às icnoespécies *Caulostrepsis cretacea*, galerias em U sem aspa, e *C. taenicola*, exibindo aspa, alargamentos e contrações.

Discussão. Um exemplar incompleto (DGEO-CTG-UFPE-3299), sem a porção proximal, exhibe quatro perfurações cilíndricas dobradas em U partindo da margem anterior de valva de *Crassatella dilabida* em direção ao umbo, mas divergindo um do outro em leque. Todas as perfurações da localidade de São Bento, têm galerias mais curtas e mais largas (Estampa III, figuras 9-12). As que ocorrem sobre molde interno de *Cimomia pernambucensis*, da pedreira Poty (DGEO-CTG-UFPE-4755), são mais longas, menos paralelas à superfície do substrato e apresentam constrições, além de ocorrerem em associação com *Caulostrepsis cretacea* e *Entobia megastoma*. A observação das galerias nestes dois tipos de substrato, revela um grande condicionamento morfológico à espessura disponível, extensão a ser colonizada e presença de outros endolitos. Quando em associação com *Entobia laquea* da localidade de Tambaba (DGEO-CTG-UFPE-3295) em molde do gastrópode *Hipponix*, as galerias se adelgaçam e se fundem com as galerias e câmaras achatadas da forma entobiana, tornando a morfologia de *C. taenicola* bastante xenomórfica.

Distribuição estratigráfica. Mioceno Superior ao Recente (Santos, 2005).

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura do tipo Domichnia associada à ação de vermes em geral.

ICNOGÊNERO *Maeandropolydora* Voigt, 1965

1965 *Maeandropolydora* Voigt, p. 295.

1983 *Maeandropolydora*. Bromley & D'Alessandro, p. 293.

2001 *Maeandropolydora*. Rozália, p. 15.

2003 *Maeandropolydora*. Santos *et al.*, p. 179-180.

2007 *Maeandropolydora*. Blissett & Pickerill, p. 86.

Diagnose. Sistema de galerias longas, cilíndricas, com duas ou mais galerias, desenvolvendo-se irregularmente sobre a superfície do substrato, curvando-se em uma série de arcos pequenos; galerias podem ter uma orientação paralela, com ou sem fusão e podem aparecer desconectadas ou formando curvas apertadas; os ramos podem estar conectados por uma aspa ou formar uma bolsa (Santos *et al.*, 2003), figura 32.

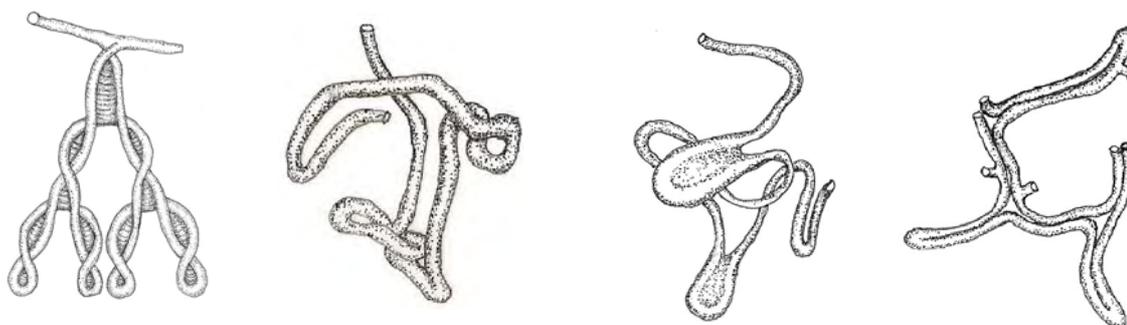


Figura 32. Desenhos esquemáticos do icnogênero *Maeandropolydora*. A. *Maeandropolydora barocca* Bromley & D'Alessandro, 1987; B. *Meandropolydora sulcans* Voigt, 1965; C. *Meandropolydora decipiens* Voigt, 1965, formando bolsas contínuas e F. *Meandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro, 1983 sem bolsas, porém com ramos que se juntam paralelamente.

Maeandropolydora elegans Bromley & D'Alessandro, 1983

(Estampa IV, figuras 1-7)

1983 *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro, p. 295-296; est. 25, fig. 1; figura-texto 6.

2001 *Maeandropolydora elegans*. Rozália, p. 16; est. 3, fig. 2; figura-texto 3.

2003 *Maeandropolydora elegans*. Péter, p. 33-37.

2007 *Maeandropolydora elegans*. Blissett & Pickerill, Est. 2, fig. 6.

Diagnose. Sistema composto por galerias cilíndricas de diâmetros constantes, sinuosidade regular, tendendo a correr de forma emparelhada, com ramos se tocando, mas nunca se fundindo. Numerosas aberturas (Bromley & D'Alessandro, 1983).

Material. DGEO-CTG-UFPE-6326, sobre molde externo de *Ostrea*, proveniente de Tambaba, Formação Maria Farinha superior. Também as amostras DGEO-CTG-UFPE-4706 e DGEO-CTG-UFPE-6315.

Descrição. Sistema que desenvolve-se subparalelamente à superfície do substrato e aprofunda-se e volta-se à superfície, em galerias cilíndricas, emparelhadas, dobradas e sinuosas, que se bifurcam e se contorcem, mas não geram fusões ou laços; aspa presente e conspícua, especialmente onde os pares se bifurcam em forma de Y (Fig. 33).

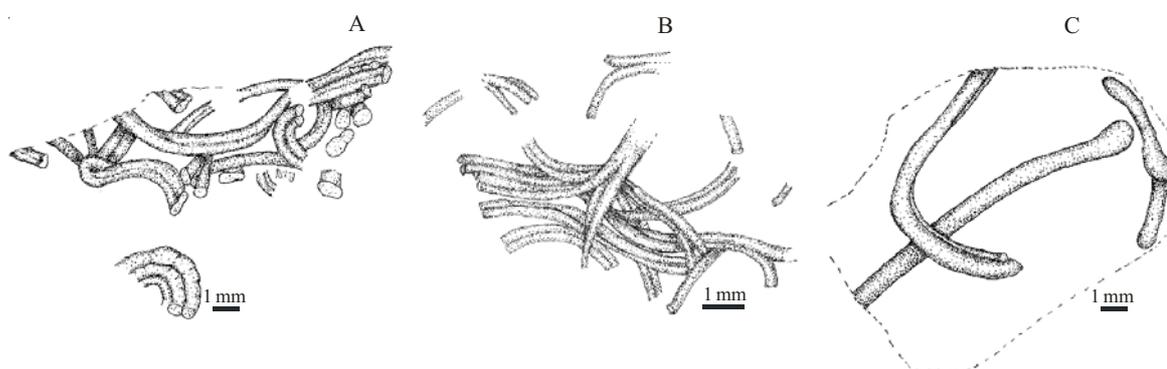


Figura 33. Desenhos sob câmara-clara de preenchimentos naturais de perfuração atribuídas às icnoespécies *Maeandropolydora elegans* e *M. sulcans*, na figura A, canto esquerdo inferior.

Distribuição estratigráfica. Documentada no Plio-Pleistoceno italiano por Bromley & D'Alessandro (1983).

Classificação etológica. Estrutura Domichnia associada a vermes.

Maeandropolydora sulcans Voigt, 1965

(Estampa VI, figuras 1-3)

- 1901 *Dodekaceria* (?) sp. Rovereto, p. 228; est. 28, figs. 1, 4c.
- 1965 *Maeandropolydora sulcans* Voigt, est. 26, figs. 5, 6; est. 27, figs. 3, 5 (?), (non fig. 4).
- 1987 *Maeandropolydora sulcans*. Bromley & D'Alessandro, p. 400-401; est. 41, fig. 3; est. 42, fig. 3; figuras-texto 16B-D.
- 2001 *Maeandropolydora sulcans*. Rozália, p. 15; est. 3, fig. 1; figura-texto 3.
- 2001 *Maeandropolydora sulcans*. David, p. 8.
- 2003 *Maeandropolydora sulcans*. Péter, p. 33-37.
- 2003 *Maeandropolydora sulcans*. Santos *et al.*, p. 180-183; figuras-texto 2-4.
- 2007 *Maeandropolydora sulcans*. Blissett & Pickerill, Est. 3, fig. 1.

Diagnose. Galerias cilíndricas que possuem pelo menos duas aberturas, irregularmente contorcidas, sem apresentar fusão quando as paredes estão em contato mútuo; sem aspás e

apresentam variações morfológicas constituídas por depressões que têm em planta um contorno subcircular ou oval, em forma de rim ou de lágrima, que exibem seção transversal em forma de bolsa aberta; tais depressões se dispõem mais ou menos alinhadas e de forma regular e alternada ou irregular e isolada (Santos *et al.*, 2003).

Material. Em molde interno de *Venericardia* (*Venericardia*) *marisaustralis* Maury. Formação Itamaracá, Engenho Amparo, Pernambuco (Amostra DGEO-CTG-UFPE-2759); em molde interno de gastrópode, praia de Conceição, ilha de Itamaracá, Pernambuco (Amostra DGEO-CTG-UFPE-6309); em crosta de alga coralínea *Archaeolithothamnium*. Formação Maria Farinha superior, Tambaba, Conde, Paraíba (Amostra DGEO-CTG-UFPE-6330).

Descrição. Perfurações cilíndricas de diâmetro praticamente uniforme, em cursos irregularmente sinuosos, plano-espaciais ou helicoidais e enrolamento solto ou apertado; voltas se tocam, mas não se fundem; sem aspas, sem bolsas (Fig. 34).

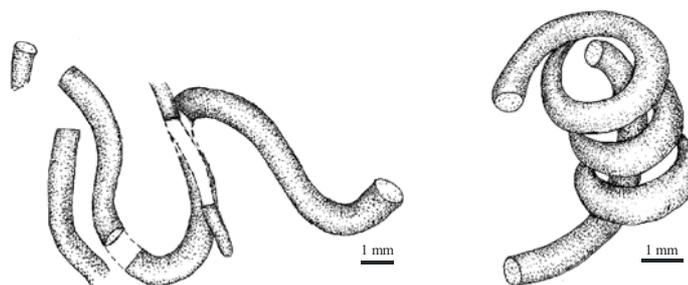


Figura 34. Desenhos sob câmara-clara de preenchimentos naturais de galerias atribuídas à icnoespécie *Maeandropolydora sulcans*, exibindo cursos sinuosos e helicoidais.

Discussão. Santos *et al.* (2003) realizaram uma revisão em *Maeandropolydora sulcans* Voigt, 1965, baseando-se em séries de alto-relevos resultantes das convoluções das galerias, característica não ressaltada anteriormente por Voigt (1970) e Bromley & D'Alessandro (1987). Em determinadas porções as perfurações aqui tratadas se aproximam de *Caulostrepsis contorta* Bromley & D'Alessandro, 1983, mas nunca apresentam aspas e têm um comportamento de enrolamento menos condicionado a um único eixo.

Distribuição estratigráfica. Documentada no Cretáceo por Voigt (1970); Plio-Pleistoceno italiano por Bromley & D'Alessandro (1983, 1987) e no Neógeno Superior da península ibérica por Santos *et al.* (2003).

Classificação etológica e organismos geradores. Estrutura Domichnia resultante da atividade de poliquetas Spionidae.

Maeandropolydora isp.

(Estampa IV, figuras 8-14; Estampa V, figuras 1-12)

Material. Muitos preenchimentos naturais de perfurações em conchas substituídas por calcário provenientes do topo das camadas de arenito calcífero da Formação Itamaracá, na localidade de fazenda Garapu. Muitos estão em evidência devido a dissoluções das conchas. Ocorrem em praticamente todas as espécies de bivalves e gastrópodes da camada.

Descrição. Sistemas de galerias longas, bifurcadas, trançadas, torcidas e contíguas; cursos desenvolvidos paralelamente à superfície das valvas ou aprofundando-se, podendo ocupar praticamente todo o substrato (Fig. 35).

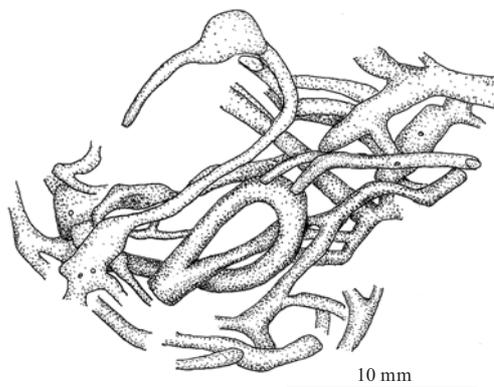


Figura 35. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais de galerias atribuídas a *Maeandropolydora isp.*, proveniente do topo dos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá, Fazenda Garapu, Paraíba.

Discussão. A forma ora descrita ocorre de forma muito densa em restos de conchas substituídas, tanto como preenchimentos como sulcos e afasta-se das icnoespécies conhecidas. Como a preservação não é satisfatória, torna-se difícil a observação de detalhes, como aspa, bolsa ou emparelhamento de limbos. Em alguns icnoespécimes a forma aproxima-se de *Maeandropolydora elegans*, mas de forma geral não apresenta os limbos paralelos e a sinuosidade regular. Sendo assim, sua definição fica aqui em aberto em nível de icnoespécie.

IV.1.10. Ícnogênero *Cunctichnus****Cunctichnus* Fürsich, Palmer & Goodyear, 1994**

Diagnose. Perfurações cilíndricas arqueadas, altamente sinuosas a plano-espíraladas desenvolvidas em conchas, com projeções finas, curtas e cegas nos pontos onde as galerias mudam abruptamente de direção (Fürsich et *al.*, 1994).

***Cunctichnus* isp.**

(Estampa VI, figuras 4-9)

Material. Todos os ícnoespécimes observados são moldes naturais sobre moldes externos de valvas de bivalves (*Ostrea* e *Barbatia*) ou rodólito de alga *Archaeolithothamnium* parcialmente dissolvido, provenientes da localidade de Tambaba, Formação Maria Farinha.

Descrição. Perfuração que se inicia em galeria cilíndrica quando penetra no substrato em ângulo próximo a 90° ou sulco raso que se aprofunda quando em mergulho tangencial à superfície do substrato, em ambos os casos alarga-se e aprofunda-se em galerias de seções subcilíndricas ou subelípticas, com a face voltada para a superfície do substrato onde houve a penetração que tende a ser quase plana; trajetórias quase retas, curvas ou bastante sinuosas, em várias direções ou acompanhando a borda do substrato hospedeiro; galerias nunca se cruzam, mas podem se tocar e passar umas por cima das outras, esquivando-se; alguns apêndices um tanto errantes, delgados e de terminações finas, mas, cegas desenvolvem-se de preferência lateralmente, podendo apontar para a mesma direção de desenvolvimento da galeria principal ou curvar-se para outra direção; superfícies das galerias marcadas por estrias ou degraus de crescimento formando cavidades ovais levemente mais profundas à medida que a galeria desenvolve-se; quando as galerias atingem a outra superfície do substrato hospedeiro, as cavidades de aprofundamento podem gerar áreas planas; algumas galerias pouco desenvolvidas aparecem como cavidades mamilares; algumas aberturas (Fig. 36)

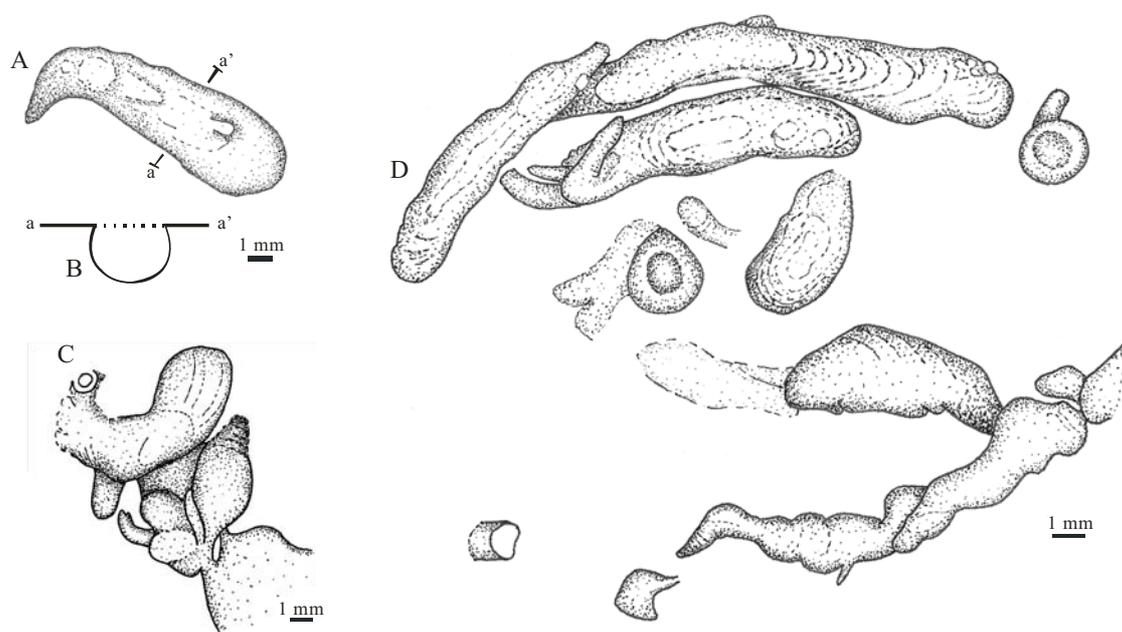


Figura36. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de galerias atribuídas ao icnogênero *Cunctichnus*. A. forma exibindo o crescimento da galeria (corte transversal: a-a'); B. perfil transversal da estrutura; C. forma aparentemente xenomórfica e D. várias galerias em estágios ontogenéticos distintos. Todos os exemplares são da localidade de Tambaba, Formação Maria Farinha superior.

Discussão. O morfotipo aqui descrito enquadra-se na diagnose estabelecida para *Cunctichnus* Fürsich, Palmer & Goodyear, 1994 nos aspectos morfológicos gerais e dimensões, mas aparentemente afasta-se da icnoespécie *Cunctichnus probans* Fürsich, Palmer & Goodyear, 1994, por não apresentar as projeções exatamente onde as galerias se curvam e mudam de direção, indicando que, segundo Fürsich *et al.* (1994), iniciaria uma ação provável de investigação do substrato hospedeiro pelo organismo perfurante. O organismo gerador das perfurações aqui descritas parece prospectar o substrato de maneira mais errante e aparentemente desenvolve-se de forma mais linear e sem prospecções em valva de *Barbatia* do que *Ostrea*. Já no interior de um rodolito da alga carbonática *Archaeolithothamnium*, desenvolveu galerias mais sinuosas e projeções de prospecção mais largas e disformes.

Cunctichnus probans, assim como a forma ora tratada, apresenta estrias e degraus de aprofundamento da galeria, que pode aprofundar-se até atingir a espessura do substrato. Tanto em *C. probans* quanto na forma paraibana, um lado da galeria é quase plano e tangencial à superfície do substrato, o que não está claro na descrição de Fürsich *et al.*, (1994) mas observa-se que no icnoespécime ilustrado, deixa alguma dúvida se as galerias na realidade não são, em partes do trajeto, canais longos abertos para a superfície. Como tanto os

icnoespécimes ora descritos como o ilustrado por Fürsich *et al.* (1994) são moldes aderidos à matriz de outros moldes, não é possível observar se há uma partição entre a galeria e a superfície escondida do substrato.

Wilson (2007) considerou o icnogênero *Cunctichnus* como sinônimo de *Vermiforichnus*. Porém, as diagnoses destes icnogêneros são distintas e as galerias de *Vermiforichnus* têm um diâmetro característico de cerca de 1 mm, aumentando muito pouco (cerca de 20%), além de serem mais lisas, tubulares, de seção circular e sem as projeções, estrias e degraus de crescimento. Estas duas últimas feições (*shallow scoops*) foram verificadas por Fürsich *et al.* (1994) em *Cunctichnus probans*.

Cameron (1969b) ilustrou icnoespécimes de *Vermiforichnus clarkei*, do Devoniano de Nova York, que se aproximam, grosso modo, de *Cunctichnus*. Um desenho representando perfurações publicado por Voigt (1965) para *Palaeosabella prisca* Clarke, apesar de não detalhado, assemelha-se a *Cunctichnus*.

O cenário atual das formas descritas e ilustradas para *Vermiforichnus* e *Cunctichnus* sugere então a manutenção do icnogênero *Cunctichnus* e, além disso, evidencia a necessidade de tratamentos taxonômicos mais detalhados para os dois icnotáxons.

Classificação etológica e organismo gerador. Fürsich *et al.* (1994), consideraram o fato das galerias não se tocarem e a presença das projeções como indicativos de um organismo produtor não tigmostático (incapaz de mudar de direção por estímulo de contato com o substrato). As projeções seriam, então, ações de prospecção. No entanto, apontaram para o fato de que as projeções de prospecção de substrato podem sugerir um organismo dotado de probóscide, como um sipunculídeo. No entanto, todas as funções encontradas para probóscides estão relacionadas à captura e/ou conduções de alimento e se localizam nas regiões anteriores. Uma probóscide, que é uma estrutura retrátil, num organismo vermiforme vivendo numa galeria, estaria no lado externo do substrato. Nos sipunculídeos, o escudo caudal é responsável pela perfuração, tendo função de broca e menos mobilidade do que o que sugerem as galerias de *Cunctichnus probans* e *Cunctichnus isp.*, que geram sempre galerias de seção circular. Fürsich *et al.* (1994), compararam ainda o comportamento do organismo gerador de *Cunctichnus* com o de *Vermiforichnus clarkei* Cameron, 1969, especialmente no que tange ao comportamento das galerias quando encontram o limite de substrato de conchas de barquiópodes e se curvam.

Distribuição estratigráfica. Fürsich *et al.* (1994) descreveram *Cunctichnus* do Jurássico Superior da Inglaterra. A identificação ora realizada aumenta essa distribuição para o Eoceno inferior.

IV.1.1.1. Ícnogênero *Entobia*

Terminologia e icnotaxabases. Os aspectos taxionômicos e terminológicos do ícnogênero *Entobia* Bronn, 1837 foram especialmente tratados por Bromley & D'Alessandro (1984). No entanto, a taxonomia do ícnogênero ainda é pouco conhecida diante da extrema variabilidade morfológica produzida pelos mesmos indivíduos em situações variadas como ambientais, de substrato e ontogenéticas. A forma mais bem definida é a ícnoespécie-tipo *Entobia cretacea* Portlock, 1843. As morfologias de *E. cretacea* e das perfurações entobianas relacionadas, são comparáveis a um amplo leque de perfurações produzidas por esponjas Clionidae em estágios larvares nos mares atuais (Fig. 37).

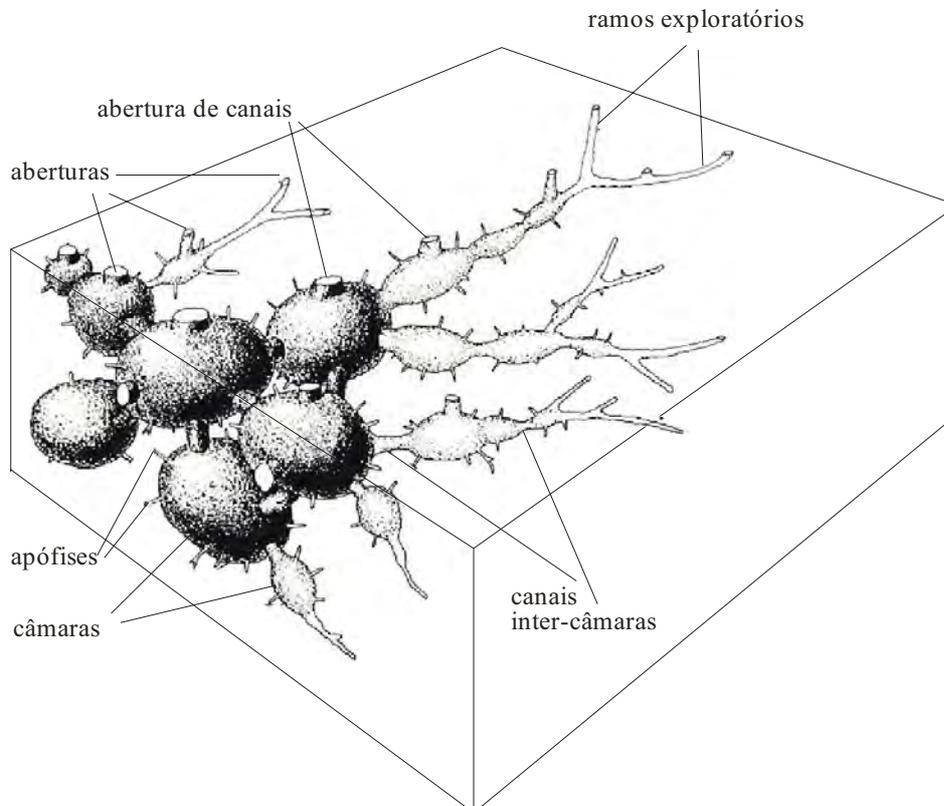


Figura 37. Modelo de perfuração de esponja exibindo as fases A (não sombreada), B (com sombras claras) e C (sombras escuras), com as respectivas terminologias aplicadas na descrição deste tipo de ícnofóssil. (Bromley & D'Alessandro, 1984).

As icnotaxabases para a distinção de icnoespécies de *Entobia*, segundo Bromley & D’Alessandro (1984), devem seguir a seguinte seqüência de termos:

1. Tamanho das aberturas;
2. Presença e comprimento de canais das aberturas;
3. Presença ou ausência de câmaras;
4. Arranjo das câmaras;
5. Presença e dimensões de canais entre as câmaras;
6. Fusão ou não de câmaras;
7. Máxima dimensão das câmaras;
8. Desenvolvimento ontogenético;
9. Profundidade de penetração no substrato.

Bromley & D’Alessandro (1984) apresentaram um glossário de termos aplicáveis às morfologias de arcabouços de perfurações geradas por esponjas, no sentido de auxiliar na homogeneização dos trabalhos de outros autores, resumidamente apresentado na tabela 9.

Tabela 9. Terminologia aplicável às descrições de morfotipos do icnogênero *Entobia* (a partir de Bromley & D’Alessandro, 1984).

Termo	Descrição
Canal de abertura / <i>apertural canal</i>	Canal que conecta câmaras ou galerias à abertura.
Abertura / <i>aperture</i>	Abertura na superfície do substrato conectada com o exterior.
Apófises / <i>apophyses</i>	Túbulos ou “espinhos” projetando-se de todas as partes.
Com câmaras / <i>camerate</i>	Sistemas que apresentam parte infladas formando câmaras.
Câmaras / <i>chambers</i>	Porções infladas, fusiformes ou globulares.
Ramos exploratórios / <i>exploratory threads</i>	Túbulos e finos canais para prospectar o substrato.
Galerias / <i>galleries</i>	Passagens principais normalmente em sistemas sem câmaras.
Idiomórfico / <i>idiomorphic</i>	Desenvolvimento normal do morfotipo.
Canais entre câmaras / <i>intercameral canals</i>	Canais subcilíndricos que conectam câmaras.
Arcabouço irregular / <i>irregular boxwork</i>	Sistema tridimensional.
Labirinto irregular / <i>irregular maze</i>	Arcabouço irregular horizontal.
Microescultura / <i>microsculpture</i>	Ornamentação superficial botrióide ou tubercular.
Fileiras / <i>tiers</i>	Disposição de câmaras alinhadas.
Xenóglifo / <i>xenoglyph</i>	Escultura imposta à perfuração pela fábrica do substrato.
Xenomórfico / <i>xenomorphic=stenomorphic</i>	Perfuração que aproveitou outra ou influenciada pela matriz.

De acordo com Bromley & D’Alessandro (1984) a morfologia das perfurações entobianas fósseis, bem como das resultantes da ação de esponjas atuais, pode ser influenciada pelos seguintes fatores:

- Natureza e estrutura do substrato. Perfurações de esponjas estão limitadas aos substratos líticos calcários de calcita ou aragonita. Quando o substrato é puro e homogêneo e está exposto à água do mar, a colonização por esponja produz formas

idiomórficas livremente desenvolvidas. Substratos não favoráveis, como conchas muito delgadas, por outro lado, geram formas xenomórficas;

- Qualidade do ambiente. Morfologias de sistemas entobianos podem ser muito influenciadas pelas condições ambientais locais, como disponibilidade de sedimento em suspensão, textura do sedimento, iluminação, energia, presença de organismos incrustantes, predadores e outros endolitos;
- Proximidade de outros endolitos. Outros organismos endolíticos influenciam acentuadamente as estratégias das esponjas. Galerias abandonadas de vermes (*Trypanites* ou *Caulostrepsis*) podem ser aproveitadas por esponjas, que neste caso têm suas morfologias condicionadas pelos formatos das galerias, gerando formas bastante xenomórficas;
- Espécie de esponja perfurante. Em graus variados, as morfologias das perfurações dependem da espécie geradora da estrutura. No campo dos icnofósseis entobianos ainda é muito difícil estabelecer relações entre espécie perfurante e perfuração resultante;
- Ontogenia do perfurador. Uma estrutura resultante de perfuração de esponja tem sua morfologia totalmente relacionada com a ontogenia do organismo perfurador, e pode ser dividida em 5 fases geralmente conspícuas de desenvolvimento:

Fase A. Depois do posicionamento da larva, a penetração inicial no substrato produz finos canais exploratórios, geralmente radiados e ramificados a partir do ponto de entrada;

Fase B. Após da zona de crescimento linear, o diâmetro da perfuração é aumentado pelo crescimento lateral. Câmaras começam a formar-se;

Fase C. Uma morfologia relativamente estável é atingida, geralmente representada por grandes áreas com câmaras do mesmo tamanho e canais entre câmaras. Algumas esponjas não passam desta etapa;

Fase D. O crescimento lateral infla as câmaras. Novos ramos de câmaras começam a desenvolver-se nos espaços restantes, e obscurece o padrão radial. Algumas câmaras se juntam.

Fase E. Em algumas esponjas o processo continua até que haja uma fusão extensiva do sistema, produzindo uma única cavidade ou um túnel grande sem câmaras.

Entobia Bronn, 1837

Ícnoespécie-tipo: *Entobia cretacea* Portlock, 1843

- 1808 Corpos Parkinson, pgs. 75, 76, 151; est. 8, figs. 8, 10; est. 12, fig. 3.
 1814 Cavidades Conybeare, est. 14, figs. 1-8.
 1822 Corpos parasíticos Mantell, p. 218, est. 27, fig. 7.
 1837 *Entobia* Bronn, p. 34, fig. 12 inf.
 1838 *Entobia*. Bronn, p. 691.
 1843 *Entobia*. Portlock, pgs. 359-360.
 1851 *Clionites* Morris (*in* Mantell), p. 100.
 1868 *Cliona*. Fischer (*non* Grant), p. 161.
 1962 *Entobia*. Häntzschel, p. W230.
 1970 *Entobia*. Bromley, p. 78.
 1975 *Entobia*. Häntzschel, p. W127.
 1984 *Entobia*. Bromley & D'Alessandro, p. 230-237.
 2007 *Entobia*. Blissett & Pickerill, p. 84.

Diagnose. Perfurações em substratos carbonáticos compostas por uma câmara simples ou em redes ou arcabouços de câmaras unidas por galerias e conectadas à superfície por algumas ou numerosas aberturas; morfologia varia significativamente com a ontogenia; galerias exibem aumentos progressivos em diâmetro durante o crescimento; em alguns casos, esse aumento a distâncias mais ou menos regulares forma um sistema de câmaras juntas e interconectadas; em algumas formas, o desenvolvimento das câmaras restringe-se apenas a um breve estágio ontogenético e em outras não há formação de câmaras; superfície das perfurações ostenta microestruturas cuspidiformes que podem ser perdidas em estágios mais avançados; apófises finas prolongam-se de todo o sistema ou da maior parte de sua superfície (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Classificação etológica e organismos geradores. Todas as formas de *Entobia* são estruturas do tipo Domichnia.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Devoniano ao Recente, ícnoespécie pandêmica.

Entobia cretacea Portlock, 1843

(Estampa VII, figuras 3-8; Estampa VIII, figuras 1-7)

- 1808 Corpos Parkinson, pgs. 75, 76, 151; est. 8, figs. 8, 10; est. 12, fig. 3.
 1814 Cavidades Conybeare, est. 14, figs. 1-8.
 1822 Corpos parasíticos Mantell, p. 218, est. 27, fig. 7.
 1837 *Entobia* Bronn, p. 34, fig. 12 inf.
 1838 *Entobia*. Bronn, p. 691.
 1843 *Entobia cretacea* Portlock, p. 359, 360.

- 1848 *Entobia conybeari* Bronn, p. 462.
 1848 *Entobia cretacea*. Bronn, p. 463.
 1851 *Clionites conybeari* Morris (in Mantell), p. 100.
 1851 *Clionites conybeari*. Morris, pgs. 88, 89; est. 4, figs. 8, 8a, 9, 10, 15.
 1851-52 *Cliona conybeari*. Bronn & Roemer, p. 79.
 1852 *Entobia cretacea*. Morris (in Wetherell), p. 355.
 1854 *Cliona cretacea*. Morris, p. 27.
 1868 *Cliona cretacea*. Fisher, p. 167; est. 25, figs. 5b, c.
 1872-75 *Cliona conybeari*. Geinitz, p. 233; est. 36, figs. 6, 7.
 1883 *Cliona cretacea*. Hinde, p. 21.
 1960 *Cliona celata micropora* Nestler, p. 650, 655.
 1962 *Entobia cretacea*. Häntzschel, p. 230.
 1965a *Entobia cretacea*. Häntzschel, p. 34.
 1968 *Cliona cretacea*. Fatton & Roger, p. 26.
 1970 *Entobia cretacea*. Bromley, p. 78-81; est. 4, 5.
 1992 *Entobia cretacea*. Almeida & Muniz, p. 493-494.

Diagnose. Perfurações de esponjas Clionidae exibindo extremo desenvolvimento das câmaras ou formas de “cordões-de-contas”; porções juvenis estendem-se de modo exploratório como ramos separados dentro da matriz, intumescidos em intervalos quase regulares em câmaras mais ou menos esféricas que, em partes maduras, têm diâmetros em torno de 1,5 a 4 mm; canais entre câmaras delgados (0,1 – 0,7 mm); sistema de perfuração apertado nas partes mais senis; desenvolvimento de novas câmaras e crescimento das mais velhas restringem o substrato a finas partições e tornam a forma das câmaras poligonal; exceto entre poucos pares de câmaras, a parede das separações finas permanecem intactas e as câmaras não se fundem; paredes penetradas não apenas por canais de conexão entre câmaras mas também por perfurações mais finas como de alfinetes, que em moldes aparecem como finos espinhos radiando-se das câmaras; poros nas superfícies das câmaras, 1 a 4, finos (0,13 – 0,7 mm); cavidades ornamentais variam de 25 a 65 μ , na maioria em torno de 50 μ (Bromley, 1970).

Material. Ocorre principalmente na localidade de Fazenda Alexandrina, Conde, Paraíba, sobre moldes internos e externos de moluscos bivalves e gastrópodes ou conchas recristalizadas. No espécime DGEO-CTG-UFPE-5220, ocupa quase que integralmente a valva de *Trigonarca freia*, num padrão uniforme, apertado e poligonal, cujas câmaras entre esféricas e levemente irregulares estão separadas por finas paredes de restos da concha recristalizada. Ocorre sobre molde interno de *Veniella brasiliensis* (DGEO-CTG-UFPE-6300); sobre molde interno e parte de valva recristalizada de *Lopatinia (Pseudocucullaea) stantoni* (Maury); sobre molde interno de *Pyropsis axiornata* (DGEO-CTG-UFPE-4291); sobre molde interno de *Trigonarca isolda* (DGEO-CTG-UFPE-5254) e exibem aberturas nas conchas recristalizadas de *Trigonarca freia* (DGEO-CTG-UFPE-5156 e DGEO-CTG-UFPE-6062) e *Veniella brasiliensis* (DGEO-CTG-UFPE-4967).

Descrição. Arcabouço de câmaras geralmente quase esféricas (média entre 1,5 e 3,0 mm), organizado em fileiras mais ou menos distintas; fase juvenil pouco visível, composta por sistema irregular tridimensional de ramos exploratórios curtos, que evolui para ramos intumescidos até gerar câmaras cada vez mais esféricas, unidas por canais curtos; fase C bem evidenciada pelo estabelecimento do padrão bem definido de câmaras, que evolui para uma fase D onde as câmaras, muito juntas, podem formar padrão poligonal apertado, que ocupa integralmente o substrato; entre as fases C e D, as câmaras passam de esféricas para mais irregulares, não fundidas ou parcialmente fundidas, com superfícies que tangenciam as faces do substrato e, portanto, quase planas; apófises finas saem das câmaras e dos ramos exploratórios; aberturas circulares, pequenas (Fig. 38)

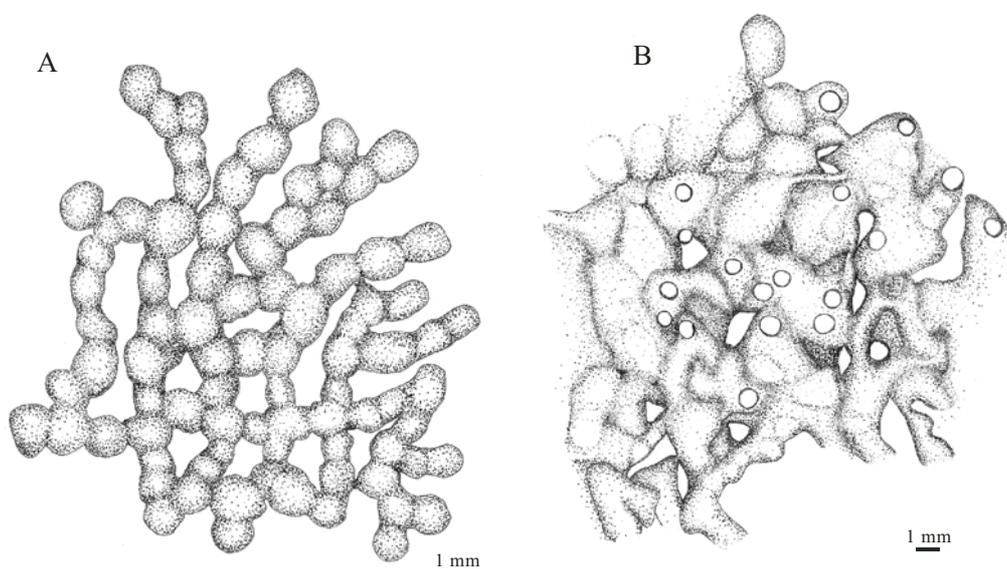


Figura 38. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia cretacea*. A. fileiras de câmaras; B. fase ontogenética bastante senil, com câmaras fundidas e aberturas grandes. Formação Itamaracá, Paraíba.

Discussão. A icnoespécie *E. cretacea* é uma das mais abundantes nos arenitos calcíferos do topo da Formação Itamaracá e revela intensas colonizações em vários estágios ontogenéticos com grande variação morfológica, especialmente relacionada à espessura dos substratos conquíferos. Como os bioclastos das localidades de Árvore Alta, Garapu e Alexandrina são bastante espessos, o desenvolvimento das câmaras atinge até 5 mm nas formas mais senis e já fundidas. A recristalização intensa, no entanto, interferiu na preservação de detalhes morfológicos, como apófises e canais exploratórios mais finos.

Distribuição estratigráfica. Segundo Bromley (1970), a icnoespécie ocorre tipicamente no Turoniano, Senoniano e Maastrichtiano da Europa.

***Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, 1984**

(Estampa VII, figuras 1,2)

1984 *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, p. 238-241, est. 16, figs. 1, 3-5; est. 27, fig. 3; fig. 3.

1986a *Entobia* aff. *cateniformis*. Mayoral, p. 236, fig. 49; est. IV, figs. 1-11.

2002 *Entobia* aff. *cateniformis*. Mayoral & Muñoz, p. 78.

1992 *Entobia cateniformis*. Almeida & Muniz, p. 493-494.

2003 *Entobia cateniformis*. Péter, p. 33-37.

Diagnose. Sistema entobiano desenvolvido em câmaras abertas, que compreende longos ramos de câmaras cilíndricas que forma um labirinto irregular através de ramificações e anastomoses; muitas câmaras alongadas, geralmente em forma de T, L ou cruz onde os ramos se interceptam; sem fusão de câmaras em outras partes; canais inter-câmaras reduzidos a constrições; aberturas pequenas, irregularmente distribuídas; canais das aberturas bem desenvolvidos; fases ontogenéticas A, B e C bem desenvolvidas e D reduzidas (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Material. Moldes naturais especialmente sobre moldes de *Barbatia*, todos das camadas de Carapibus e Tambaba, Formação Maria Farinha superior.

Descrição. Sistema de câmaras, galerias e ramos exploratórios irregular; ramos exploratórios da fase A bem desenvolvidos, longos, finos, passando suavemente para galerias mais intumescidas e em seguida para câmaras subcilíndricas a irregulares; os ramos exploratórios podem gerar fileiras independentes e desenvolver-se em um só plano, ou se sobrepor a outros canais e galerias ou amalgamar-se com outros ramos, galerias e câmaras; galerias entre câmaras e câmaras se confundem, mas as contrações gerando câmaras alongadas subcilíndricas são característica conspícua da icnoespécie; fileiras de galerias bifurcam-se em T ou Y, desenvolvem-se paralelamente, se cruzam em planos distintos ou se fundem em volumes irregulares; galerias dos pontos nodais podem ter forma triangular; aberturas pequenas, irregularmente distribuídas; câmaras podem apresentar uma ou mais aberturas; apófises pontiagudas se desenvolvem a partir de galerias, câmaras e ramos exploratórios (Fig. 39).

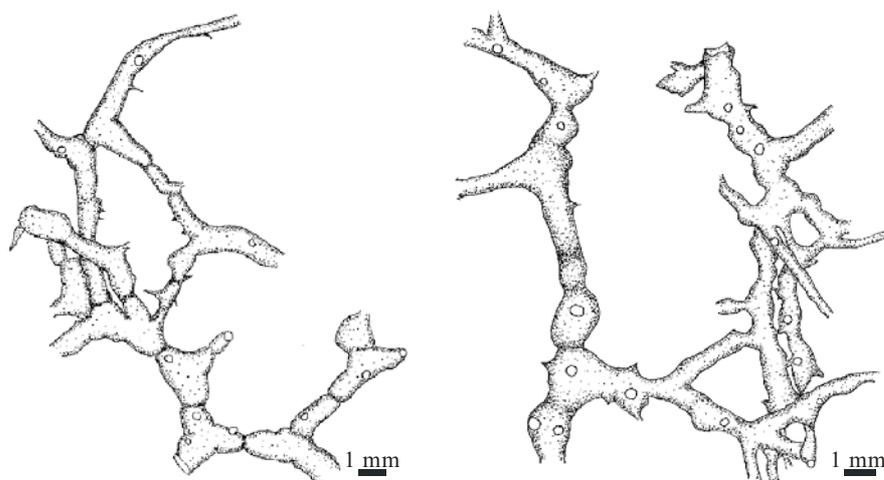


Figura 39. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia cateniformis*, exibindo ramos exploratórios que evoluem para galerias cilíndricas e câmaras individualizadas por constrições. Formação Maria Farinha, Paraíba.

Discussão: *Entobia cateniformis* é uma das icnoespécies mais comuns nos materiais analisados, no entanto, nem sempre suas fases etológicas são realmente distinguíveis, e mesmo sua separação de outros icnogêneros afins não parece tão prática como nos esquemas idealizados por Bromley & D'Alessandro (1984). Acredita-se que deve haver um grau de variabilidade muito maior do que o observado por estes autores, possivelmente influenciado pelo tipo de substrato perfurado, pela profundidade e outros fatores ambientais difíceis de avaliar.

Os espécimes ilustrados (figs. 1, 2 da Estampa VII) exibem principalmente filamentos exploratórios e canais inter-câmaras, aparecendo raras câmaras bem desenvolvidas.

Distribuição cronoestratigráfica. Triássico ao Recente, segundo Pleydel & Jones (1988).

Entobia laquea Bromley & D'Alessandro, 1984

(Estampa IX, figuras 4.6.7.8)

1984 *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro, p. 244-246; est. 17, fig. 2; est. 19, fig. 2; est. 23, fig. 1; figuras-texto 5, 6.

1992 *Entobia laquea*. Almeida & Muniz, p. 493-494.

2003 *Entobia laquea*. Péter, p. 33-37.

Diagnose. Forma entobiana composta em estágios maduros por arcabouços de pequenas câmaras arranjadas em muitas fileiras subparalelas à superfície do substrato; câmaras, variáveis em forma, se afinam rapidamente próximo das constrições que as separam umas das outras; reconhecidas em pequenas e arqueadas correntes que circulam pequenos espaços no sentido de formar laços; aberturas, circulares em forma, raramente fundidas, pequenas, numerosas e distribuídas irregularmente; fase A bem representada por ramos exploratórios ramificados que sofrem anastomose para formar arcabouço delgado; fase A é geralmente também presente na periferia, mesmo em espécimes maduros; fase B geralmente reduzida ou ausente, malhas apertadas passando quase diretamente para a fase C; fase C é a mais característica da icnoespécie (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Material. Moldes naturais sobre moldes externo de *Ostrea* sp. de Tambaba, Formação Maria Farinha superior.

Descrição. Sistema desenvolvendo-se entre paralela e sub-paralelamente à superfície do substrato, e pode acompanhar levemente as irregularidades das superfícies dos substratos e até exibir câmaras imbricadas em planos paralelos a depender da laminação do substrato, especialmente bivalves com lâminas de crescimento como *Ostrea*; fase A composta por finos ramos exploratórios, que começam cilíndricos e se juntam em ramificações e anastomoses para formar canais mais achatados que encontram câmaras; apófises simples ou ramificadas, algumas curvas; fase B com câmaras alongadas a irregulares, pouco conspícuas, que podem confundir-se com os canais exploratórios; fase C bem marcada pelas câmaras delgadas, quase lisas, com relevos suaves, planares a um tanto contorcidas, quando acomodadas a irregularidades da superfície do substrato, que se afinam na passagem para canais exploratórios ainda presentes ou canais entre câmaras; formatos irregulares, e pode exibir fusão parcial ou total; apófises em pequena quantidade (Fig. 40).

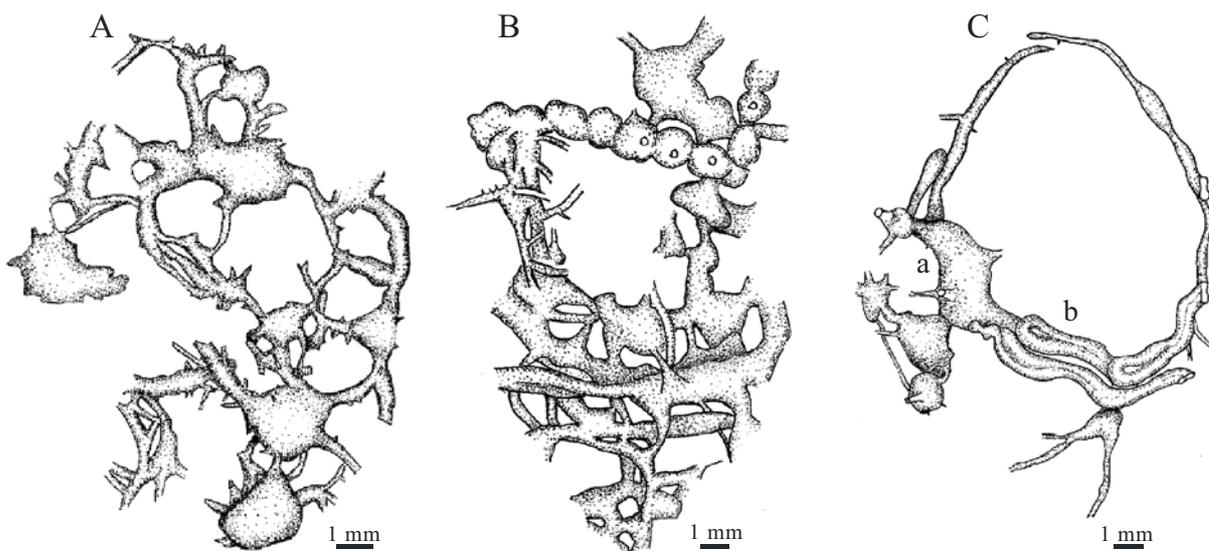


Figura 40. Desenhos sob câmara-clara de três aspectos de moldes naturais de perfurações atribuídas a *Entobia laquea*. A. exemplar exibindo as câmaras delgadas bem características; B. exemplar menos idiomórfico, com as galerias delgadas e superpostas; C.a. galerias delgadas e irregulares, desenvolvendo-se de forma um tanto xenomórfica por aproveitar galerias dobradas da icnoespécie *Caulostrepsis taenicola* (C.b). Formação Maria Farinha, Paraíba.

Discussão. Os exemplares estão incompletos e não apresentam aberturas, que, no entanto, podem estar voltadas para a superfície externa do substrato. As figuras esquemáticas e os exemplares ilustrados por Bromley & D'Alessandro (1984) parecem apresentar câmaras mais infladas do que a maioria dos morfotipos ora observados. Em alguns exemplares, torna-se difícil a distinção entre *E. laquea* e *E. paradoxa*, exceto pelas dimensões menores tanto das câmaras quanto das aberturas. Nem sempre as constrições, cinturadas em *E. paradoxa*, parecem um caráter capaz de gerar distinções.

Material: Alguns exemplares sobre molde de *Ostrea*, exibindo de forma incompleta as fases de A até D, terminando nesta última em câmaras amplas, coalescentes, delgadas e parcialmente superpostas, tendendo a níveis mais altos que os filamentos exploratórios, coletado em Tambaba. Fase A de *Entobia laquea* é freqüente em moldes externos de *Barbatia*, proveniente da localidade de Tambaba.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Documentada por Bromley & D'Alessandro (1984) no Plioceno italiano.

Entobia megastoma (Fisher, 1868)

(Estampa X, figuras 2,6,8)

1866 *Cliona megastoma* Fisher, p. 198 (*nomen nudum?*).

1868 *Cliona megastoma*. Fisher, p. 165, est. 24, figs. 2, 2a.

?1932b *Cliona cretacica* Fenton & Fenton, p. 55; est. 7, figs. 8, 9.

?1941 *Cliona microtubulum* Stephenson, p. 54, est. 3, figs. 1, 2, 3 (non 3, 5); est. 5, figs. 1, 2.

1984 *Entobia megastoma*. Bromley & D'Alessandro, p. 250-254; est. 23, fig. 3; est. 24, figs.

2, 3; est. 26, fig. 1; est. 27, fig. 2; Figura-texto 8.

2003 *Entobia megastoma*. Péter, p. 33-37.

Diagnose. Forma entobiana sem câmaras individualizadas, organizada num sistema em favo irregular, tornando-se mais ou menos uma malha complexa nos estágios maduros; galerias subcilíndricas, frequentemente bifurcadas, inflando-se nos pontos nodais, onde, geralmente, várias galerias unem-se; aberturas grandes e numerosas, circulares a ovais, raramente fundidas, dispostas irregularmente; fase A reduzida; fases B-D bem desenvolvidas.

Material. Moldes naturais sobre molde interno do cefalópode *Cimomia pernambucensis* proveniente das camadas inferiores da Formação Maria Farinha (Paleoceno) da pedreira Poty.

Descrição. Arcabouço entobiano proporcionalmente delgado e sem câmaras, dominado por largas galerias irregulares; fase A representada por ramos exploratórios mais ou menos cilíndricos, ramificados em arranjos tridimensionais, sendo uns curtos atingindo diretamente galerias senis e outros longos, evoluindo para galerias ainda um tanto cilíndricas, com algumas intumescências e pequenas aberturas aumentando progressivamente de diâmetro (fase B); fases C e especialmente D bem desenvolvidas, representadas por largas galerias bem paralelas à superfície do substrato, adaptando-se a feições morfológicas ou esquivando-se de outros endolitos; galerias da fase D bifurcadas, um pouco mais infladas nos pontos nodais, podendo exibir amplas áreas de fusão; aberturas variando de pequenas a relativamente grandes com canais longos mais abertos no final; apófises curtas cônicas a cilíndricas e muito finas acompanham as fases B a D (Fig. 41).

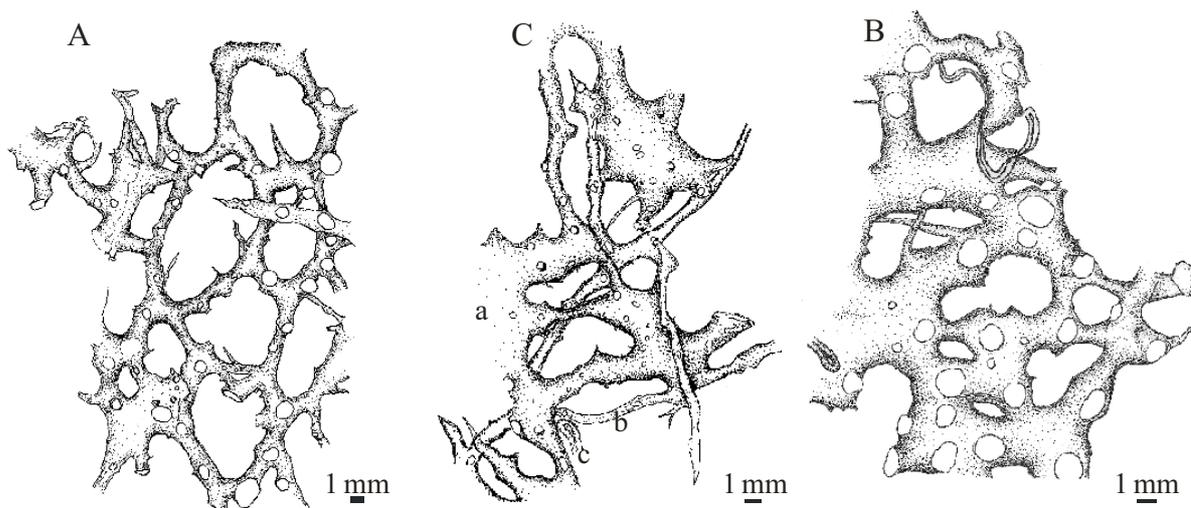


Fig. 41. Aspectos de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia megastoma* em desenhos sob câmara-clara. A. exemplar com canais grossos e aberturas grandes; B. forma xenomórfica em associação com a icnoespécie *Caulostrepsis taenicola*, exibindo longas galerias cruzando grandes volumes irregulares; C. forma senil com grandes volumes irregulares e aberturas muito grandes, também em associação com *Caulostrepsis taenicola*. Formação Maria Farinha (Paleoceno) da Pedreira Poty.

Discussão. Uma interessante relação entre *Entobia megastoma*, *Entobia* isp. A e *Caulostrepsis taenicola* pode ser observada sobre o molde interno de *Cimomia pernambucensis*. As duas espécies de esponjas produtoras das perfurações que resultaram nos morfotipos das duas icnoespécies de *Entobia* exibem, claramente, uma relação de competição pelo substrato, com seus arcabouços esquivando-se, sobrepondo-se e gerando em algumas partes aberturas justapostas. Em outras porções é possível observar-se o uso de galerias abandonadas pelas duas espécies, onde as morfologias se misturam em feições xenomórficas difíceis de distinguir (Fig. 41). Por outro lado, as duas icnoespécies apresentam segmentos de suas galerias desenvolvidas em galerias abandonadas de *C. taenicola*.

Distribuição estratigráfica e geográfica. A icnoespécie *Entobia megastoma* ocorre no Pleistoceno italiano (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Organismos geradores. Bromley & D'Alessandro (1989) associaram *Entobia megastoma* a *Cliona celata*.

Entobia ovula Bromley & D'Alessandro, 1984

(Estampa XI, figuras 1,2)

1984 *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, p. 250-254; est. 23, fig. 3; est. 24, figs. 2, 3; est. 26, fig. 1; est. 27, fig. 2; figura-texto 8.
2003 *Entobia ovula*. Péter, p. 33-37.

Diagnose. Forma entobiana composta na fase madura por câmaras pequenas, globosas a ovóides, muito juntas, arranjadas em favo, separadas das vizinhas por canais inter-câmaras muito curtos, normalmente reduzidos a uma constrição; na fase C, as câmaras são arranjadas em fileiras retas, bifurcadas em ângulos variados e anastomosadas, permitindo o surgimento de um arcabouço em uma ou duas fileiras pouco conspícuas; fases A e B reduzidas; canais das aberturas distintos, afinando-se distalmente, ou ligeiramente inflados como um barril; aberturas relativamente pequenas, numerosas, mais ou menos regularmente dispostas e raramente fundidas (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Material. Espécime DGEO-CTG-UFPE-3298B, molde natural, procedente de Tambaba, Formação Maria Farinha, dentre outros.

Descrição. Arcabouço com câmaras pequenas (0,5-1,65 mm), ovóides a quase esféricas, organizadas em fileiras curvas, bifurcadas em várias direções e que se desenvolvem em mais de um plano dentro do substrato; ramos exploratórios pouco desenvolvidos, e exibem intumescências e ramificações; canais entre câmaras aparentemente variáveis de finos a grossos, tendendo a se tornar muito curtos com o desenvolvimento das câmaras e praticamente desaparecem entre câmaras muito próximas; aberturas pequenas, normalmente na terminação mais delgada de canais curtos ou relativamente longos; câmaras dotadas de apófises finas. Icnospécime DGEO-CTG-UFPE-3298 em esteira de *Archaeolithothamnium*: arcabouço bem fechado em padrão homogêneo (fases C e D), composto por diminutas câmaras (0,26-1,2 mm) desenvolvidas em vários planos paralelos à superfície do substrato; câmaras sub-esféricas, ovóides ou poligonais quando apertadas, arrumadas preferencialmente com eixos maiores perpendiculares à superfície do substrato; aberturas (1 ou 2) em canais curtos, bojudos ou afinando-se para a abertura; canais entre-câmaras (1, 2 ou 3) curtos ou inexistentes onde o sistema está bem desenvolvido (Fig. 42).

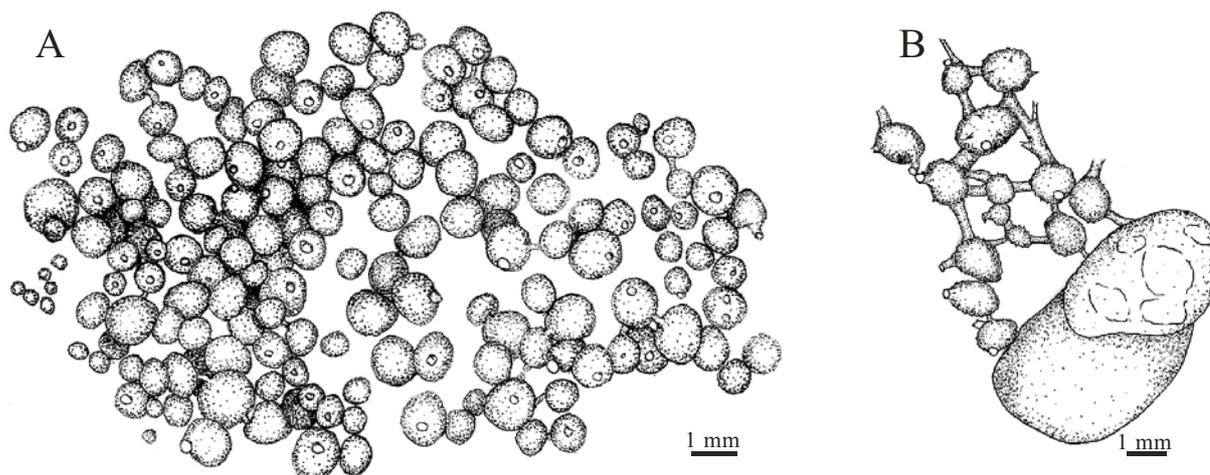


Figura 42. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia ovula*. A. sistema compacto de galerias sub-esféricas quase sem canais inter-câmaras; B. forma mais aberta com canais inter-câmaras, associada a preenchimento de cavidade possivelmente atribuível ao icnogênero *Cunctichmus*. Formação Maria Farinha, Paraíba.

Discussão: Os morfotipos analisados exibem um claro condicionamento à qualidade do substrato. Arcabouços desenvolvidos em conchas de moluscos têm câmaras maiores e canais entre-câmaras mais desenvolvidos, além de um padrão mais solto. O exemplar observado em crosta de *Archaeolithothamnium* desenvolveu-se em camadas onduladas acompanhando o relevo da colônia de algas e apresenta padrão bem mais fechado, homogêneo, e com câmaras diminutas aprofundando-se na direção da superfície exposta da colônia, o que pode evidenciar um ataque ocorrido durante o crescimento da colônia.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Documentada no Plio-Pleistoceno italiano por Bromley & D'Alessandro (1984)

Organismos geradores. Bromley & D'Alessandro (1989) associaram *Entobia ovula* às esponjas atuais *Cliona schmidtii*, *C. vermifera* e *C. vastifica*.

Entobia volzi Bromley & D'Alessandro, 1984

(Estampa XI, figura 3)

1984 *Entobia volzi* Bromley & D'Alessandro, p. 261-263; est. 22, figs. 3, 4; est. 25, fig. 3; est. 28, figs. 1, 2; figura-texto 13.

2007 *Entobia volzi*. Blissett & Pickerill, Est. 2, fig. 2.

Diagnose. Forma entobiana de câmaras diminutas consistindo, na fase D, de câmaras conectadas por grandes canais inter-câmaras ou parcialmente fundidas, assumindo forma de arcabouço irregular apertado; sistema cruzado em todas as direções por canais relativamente grandes, subcilíndricos que se conectam com a superfície do substrato através de grandes aberturas; frente de crescimento compacta; fases B e C consideravelmente reduzidas, caracterizadas pelo aparecimento de câmaras irregulares ou cachos de câmaras como pequenas protuberâncias nas paredes dos grandes canais; fase A compreende canais longos, delgados, arranjados irregularmente e ramificados como favos, tendo expansões palmadas e pontos nodais; aberturas de dois tamanhos, circulares a ovais, distribuídas muito irregularmente (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Descrição. Pequeno sistema entobiano quase radial compacto e apertado, dotado de minúsculas câmaras espalhando-se para todos os lados em agrupamentos irregulares ocupando toda a espessura do substrato; grandes canais entre-câmaras cilíndricos e com grandes aberturas sustentam o sistema como um cacho de câmaras; frente de desenvolvimento compacta, exibindo ramos exploratórios pontiagudos e pouco ramificados, projetando-se radialmente para fora do sistema; câmaras sub-esféricas a ovóides, muitas vezes coalescidas em cachos de 3 ou mais; algumas câmaras periféricas dotadas de apófises ou projeções maiores evoluindo para ramos exploratórios (Fig. 43).

Material. Um único exemplar, proveniente de Tambaba (DGEO-CTG-UFPE-6344), que exibem as características sobre fragmento de molde externo de *Barbatia*.

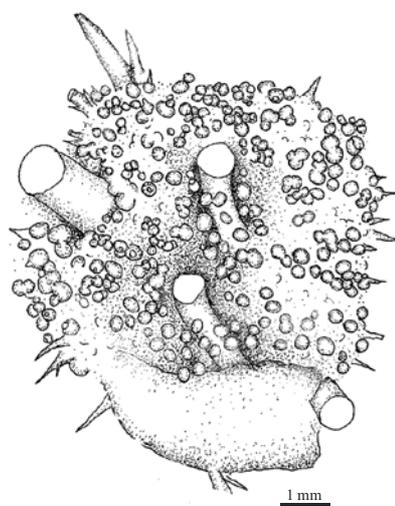


Figura.43. Desenho sob câmara-clara de molde natural de arcabouço compacto de *Entobia volzi*, exibindo as diminutas câmaras que formam um cacho em torno das grandes galerias cilíndricas. Formação Maria Farinha, Paraíba.

Discussão. Esta icnoespécie é facilmente distinguível em qualquer uma de suas fases. O material de Tambaba parece exibir principalmente as pequenas câmaras parcialmente fundidas. Por baixo e em um lado na borda da concha que lhe serviu de hospedeira, observa-se um trecho de canal, de onde parecem erguer-se os cachos de pequenas câmaras que se espalham por praticamente todo o espaço restante num nível mais próximo da superfície externa da concha.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Segundo Bromley & D'Alessandro (1984) ocorre no Plioceno da Itália e também Daniano, Campaniano e Maastrichtiano de várias localidades da Europa.

Organismo gerador. Bromley & D'Alessandro (1984) associaram perfurações da esponja recente *Cliothosa hancocki* (Topsent) a *Entobia volzi*.

Entobia paradoxa (Fischer, 1868)

(Estampa X, figuras 3,4,5,7)

1868 *Cliona paradoxa* Fischer, p. 169, est. 25, fig. 8.

1984 *Entobia paradoxa*. Bromley & D'Alessandro, p. 259-261; est. 20, fig. 2; est. 26, fig. 4; est. 28, fig. 3; est. 29, figs. 1, 4; figura-texto 12.

2003 *Entobia paradoxa*. Péter, p. 33-37.

Diagnose. Forma entobiana composta, em estágios maduros, por arcabouço de câmaras irregulares, mais ou menos amebóides, geralmente arrumadas em duas fileiras paralelas à superfície do substrato; cada câmara conectada com várias outras, que se torna extremamente irregular devido ao adelgaçamento em pescoços de vários comprimentos, antes das constrições que separam cada uma de suas vizinhas; em formas senis, fusões parciais de câmaras acarretam no desenvolvimento de galerias sem câmaras, geralmente variáveis em diâmetro e sem característica diagnóstica; aberturas circulares, geralmente relativamente pequenas e não aproximadas (Bromley & D'Alessandro, 1984).

Material. Moldes naturais sobre moldes internos e externos de bivalves e gastrópodes da localidade de Tambaba, Formação Maria Farinha superior (Fig. 44).

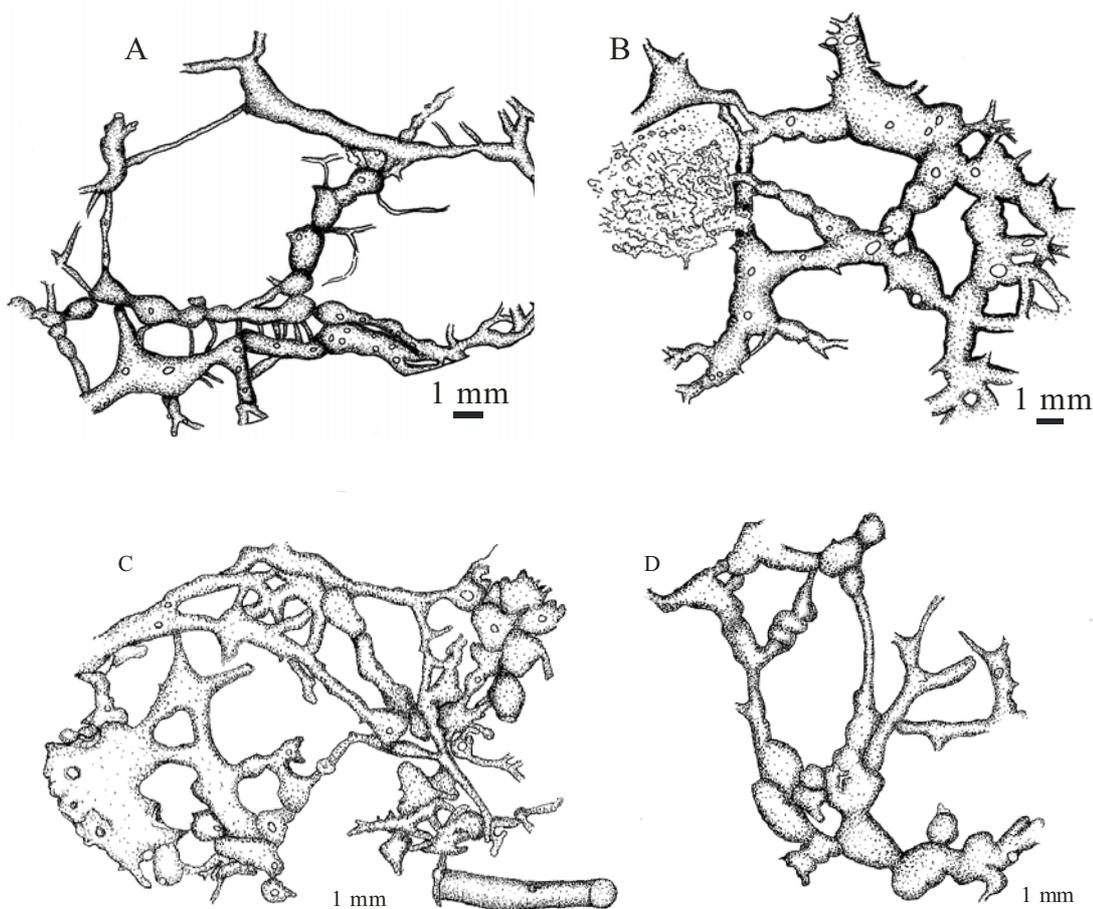


Figura 44. Desenhos sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia paradoxa*. A. sistema irregular de câmaras e canais, associado a *Maeandropolydora sulcans*, no canto inferior direito. B. forma com poucas câmaras individualizadas e longas galerias; C. em associação com galeria cilíndrica não identificada e D. sistema mais xenomórfico. Formação Maria Farinha, Tambaba, Paraíba.

Descrição. Arcabouço irregular com câmaras pouco individualizadas, bastante variável, organizado em fileiras compostas por longas galerias, câmaras mais ou menos ovaladas e bojudas a amplas câmaras achatadas, desenvolvendo-se paralelamente à superfície do substrato, mas com alguma superposição local; câmaras conectadas às vizinhas por adelgaçamentos que chegam a constrições; algumas galerias longas, subcilíndricas, ramificadas em túbulos finos, desenvolvem-se quase sem constrições; fase A bem desenvolvida, marcada por longos túbulos finos e errantes, desenvolvendo-se logo abaixo da superfície do substrato até aprofundar-se para unir-se às galerias ou câmaras; fase B exhibe intumescimentos dos túbulos, separados por pescoços arqueados e geralmente com pequenas aberturas; constrições já podem ser visíveis; fase C marcada por constrições separando câmaras alongadas e bojudas ou poligonais e achatadas; fileiras podem desenvolver-se paralelamente, encostar-se e até sobrepor-se muito localmente; fase D pouco presente,

representada por pelo menos uma câmara ampla, achatada, amebóide e com aberturas relativamente pequenas; canais exploratórios geralmente unem galerias e câmaras, poucas apófises, algumas ramificadas.

Discussão. Forma relativamente semelhante à descrita como *Entobia megastoma*, mas exibindo constrições que verdadeiramente individualizam câmaras. No desenho esquemático apresentado por Bromley & D'Alessandro (1984) o padrão parece mais regular e as aberturas maiores, mas o exemplar ora descrito está incompleto e não exhibe a fase D bem desenvolvida. Segundo estes autores as fases senis de *E. paradoxa* e *E. megastoma* são realmente semelhantes.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Documentada no Plio-Pleistoceno italiano por Bromley & D'Alessandro (1984).

Organismos geradores. Relacionada por Fisher (1868) a esponjas do gênero *Cliona*.

Entobia gonioides Bromley & Asgaard, 1993

(Estampa IX, figuras 1-3,5)

1989 Entobian A. Bromley & D'Alessandro, p. 91-92; Est. 28, fig. 2; Est. 31, figs. 1, 4, 5, 6.

1993a *Entobia gonioides* Bromley & Asgaard, p. 97; figura-texto 9A, B, C, D e E; figura-texto 10.

Diagnose. Sistema entobiano altamente dotado de câmaras, pequeno em escala, mas estendendo-se por grandes áreas; apófises curtas, alargadas na base; câmaras não esféricas, mas irregularmente nodulares e tendendo a ocorrer em fileiras adjacentes próximas; poucas câmaras se fundem em pares no estágio de crescimento maturo (fase C) para produzir dois tipos de câmaras (fundidas e não-fundidas); fusão subsequente não verificada; aberturas de vários tamanhos, as maiores produzidas por fusão, atingindo vários milímetros de profundidade; grandes canais conectando estas aberturas podem exibir metades de câmaras em seus lados; no estágio de crescimento tardio (fase D), paredes entre câmaras se reduzem a uma espessura extrema e as curtas apófises e câmaras nodulares têm aparência angular (Bromley & Asgaard, 1993a).

Material. Vários exemplares sobre moldes internos e externos de bivalves, especialmente do gênero *Barbatia*, todos da localidade de Tambaba, Formação Maria Farinha superior.

Descrição. Arcabouço entobiano complexo de dimensões relativamente pequenas, mas que pode estender-se por grandes áreas e desenvolve-se em três planos no interior do substrato; duas feições bastante distintas dominam o sistema, uma de formas diminutas relativa às fases A e B e outra com fileiras de câmaras irregulares relativa às fases C e D; fase A dotada de inúmeros túbulos e ramos exploratórios erráticos, ramificados, subcilíndricos, podendo apresentar cursos relativamente retos e lisos e desenvolver-se em mais de um plano no interior do substrato, ora tocando a superfície de canais e câmaras e ora desenvolve-se soltos no substrato; alguns são bem curtos e outros apenas apófises ramificadas; alguns canais já apresentam intumescências e diminutas aberturas; fase B marcada por grossos canais exploratórios com constrições e intumescências ou canais menores dotados de câmaras semi-esféricas ou nodulares com apófises curtas e aberturas pequenas; fases A e B podem formar ampla área de aspecto geral caótico e diminutamente globular devido aos pequenos tamanhos das câmaras; fase C marcada pelo aparecimento das fileiras de câmaras com até 2,5 mm, achatadas e com alguma tendência à fusão parcial; câmaras de formatos ovóides a irregulares e contatos muito apertados com porções botrióides; aberturas maiores com canais curtos e apófises presentes; ramos podem desenvolver-se separadamente ou juntar-se ao limite de uma fusão; fase D bastante conspícua, marcada pelo aumento significativo das câmaras que se desenvolvem em fileiras largas (cerca de 4,2 mm); câmaras tornam-se mais irregulares, amebóides a irregularmente angulosas, com ângulos bojudos devido ao crescimento espremido; em algumas porções a individualização das câmaras torna-se difícil pela fusão parcial ou quase total; superfície dotada de relevo botrióide e apófises curtas; aberturas relativamente grandes, circulares; câmaras não fundidas e menores podem ocorrer ao lado das maiores e irregulares (Fig. 45).



Figura 45. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais de perfurações atribuídas à icnoespécie *Entobia gonioides*. A. fases C e D com as câmaras mais senis fechando o arcabouço; C. sistema grande exibindo a fase D bastante desenvolvida com as câmaras amebóides (lado esquerdo). No centro e canto direito inferior *Gastrochaenolites* isp..

Discussão. Esta icnoespécie foi primeiramente tratada por Bromley & D'Alessandro (1989) como forma *Entobiana* A, tendo sido descrita, mas não definida como nova icnoespécie. Os autores apontaram as semelhanças com *E. laquea* (Bromley & D'Alessandro) e *E. volzi* (Bromley & D'Alessandro) nas fases B e C, mas ressaltaram as apófises curtas e o arcabouço mais fechado como características distintas. Apontaram ainda os grandes canais semelhantes a *E. retiformis* (Stephenson) e *E. Mammillata* (Bromley & D'Alessandro) nas fases C e D, mas indicaram o padrão das câmaras como inteiramente diferente. Bromley & Asgaard (1993a) definiram *Entobia gonioides* como icnoespécie nova, baseando-se em exemplares fósseis, e apontando-a como idêntica à forma anteriormente tratada para exemplares atuais.

O material ora descrito não está tão bem preservado quanto o molde de resina epóxi usado como holótipo por Bromley & Asgaard (1993a), que exibe muitas apófises e delicados canais exploratórios, bem como um padrão mais regular. No espécime DGEO-CTG-UFPE-6343, o sistema está claramente dividido entre as fases A/B e C/D, mas esta diferença já havia sido apontada por Bromley & D'Alessandro (1989). A característica mais diagnóstica no material descrito neste trabalho foi a feição apertada e angulosa (*gonioides*, do grego angular) das câmaras nas fases C e D.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Plioceno da ilha de Rhodes, Grécia (Bromley & Asgaard, 1993a) e Recente da costa italiana (Bromley & D'Alessandro, 1989).

Organismos geradores. Forma associada à esponja atual *Cliona viridis* da costa da Itália por Bromley & D'Alessandro (1989).

Entobia magna Bromley & D'Alessandro, 1989

(Estampa X, figura 1)

1987. *Entobia* isp. B. Bromley & D'Alessandro, p. 394, Est. 46, fig. 1.

1989. *Entobia magna*. Bromley & D'Alessandro, p. 285-288, fig. texto 5, 6., Est. 27, figs. 1,3,4,5.

Diagnose. Sistema entobiano fortemente dotado de câmaras, fundindo-se na fase D para produzir muitas câmaras grandes, achatadas, interconectadas, arredondadas a irregulares; câmaras conectadas por numerosos canais, a maioria delgados; paredes das câmaras relativamente lisas, que permitem o desenvolvimento de abundantes apófises não ramificadas e finas; aberturas grandes e numerosas; sistema dominado pela fase D, que pode estender-se para cobrir grandes áreas, mas mantém-se geralmente dentro de uma única fileira (Bromley & D'Alessandro, 1989).

Material. Molde natural sobre o cefalópode *Cimomia pernanbucensis*. Formação Maria Farinha Inferior. Pedreira Poty.

Descrição. Arcabouço entobiano grande, profundo, variando de formato de favo aberto a quase apertado até massas irregulares; sem câmaras individualizadas, desenvolvendo-se preferencialmente em um plano, com raras superposições de galerias; bastante variável entre fases e aparentemente de acordo com a espessura do substrato; galerias grossas, alargando-se nos encontros nodais e intumescendo-se onde há galerias; seções transversais das galerias preferencialmente elípticas; fases A e B representadas por ramos exploratórios ramificados tendendo à arrumação palmada, mas com alguns túbulos encurvando-se e passando entre outros; fase D muito conspícua, marcada por grandes volumes achatados ornamentados por apófises finas; aberturas grandes e numerosas no fim de canais cônicos (Fig. 46).

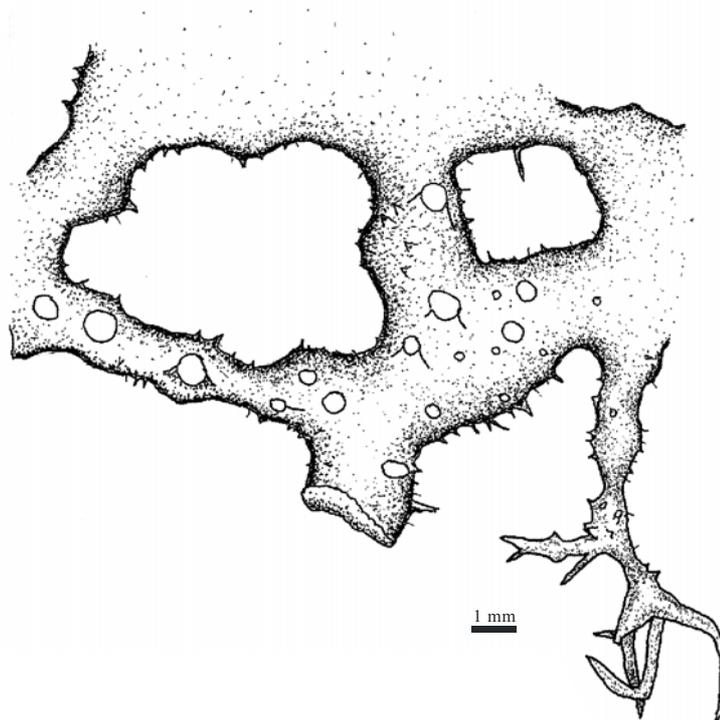


Figura 46. Desenho sob câmara-clara de preenchimento natural de perfuração atribuída ao icnogênero *Entobia magna*, exibindo as grandes galerias achatadas com muitas aberturas. Formação Maria Farinha Inferior. Pedreira Poty.

Discussão. Bromley & D'Alessandro (1989) ressaltam que a característica principal desta icnoespécie é a permanência das câmaras durante o desenvolvimento, apesar da proximidade com *E. paradoxa* (Fisher) nas fases A, B e C. A forma pernambucana é muito semelhante às ilustradas por Bromley & D'Alessandro (*op cit.*), mas a individualização das câmaras torna-se pouco clara nos estágios mais senis. Somente a formação de um acervo de exemplares poderá resultar num entendimento mais preciso desta estrutura em suas variações ontogenéticas e devidas a substratos e características ambientais.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Documentada por Bromley & D'Alessandro (1989) na Formação Sgourou, do Pleistoceno da Grécia.

Organismos geradores. Associada por Bromley & D'Alessandro (1989) à espécie atual *Cliona rodentis*.

Entobia isp. A

(Estampa XI, figuras 4,5)

Material. Molde natural parcialmente preservado entre molde interno e externo de *Cerithium pedroanum* var. *isabellae* White, 1887; vestígios dos canais das aberturas e marcas das aberturas sobre molde interno de *Cardita morganiana* (Rathbun, 1875), ambos (amostra DGEO-CTG-UFPE-6313) proveniente da Formação Maria Farinha, praia de Jaguaribe, Pernambuco.

Descrição. Forma entobiana peculiar, grande, caracterizada por espessas galerias desenvolvidas em todas as direções, com câmaras muito pouco individualizadas; galerias cilíndricas a achatadas e botrióides, ramificadas, coalescentes; algumas galerias retas ou ramificadas, curtas, atravessando perpendicularmente toda a espessura do substrato (da superfície do molde externo à superfície do molde interno do gastrópode da amostra DGEO-CTG-UFPE-6313); câmaras quando individualizadas, arredondadas, achatadas; aberturas muito variáveis (0,8 – 2,5mm), circulares (homogeneamente distribuídos na superfície de molde interno de *Cardita morganiana*), na terminação de canais curtos ou longos, alguns alargando-se para a abertura; apófises longas, muito delgadas e pontiagudas, às vezes distribuídas na mesma profundidade da galeria, formando em molde anel de espinhos (Fig. 47).

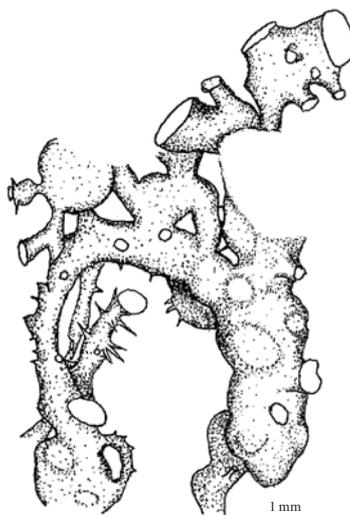


Figura 47. Desenho sob câmara-clara de preenchimento natural de perfuração entobiana, exibindo galerias muito grossas e finas e longas apófises.

Entobia isp. B

(Estampa XI, figura 6)

Material. Série de galerias em valva recristalizada de *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis* (Lamarck), proveniente dos arenitos calcíferos da localidade de Fazenda Alexandrina, Formação Gramame, Paraíba.

Descrição. Sistema de galerias semi-esféricas alinhadas em fileiras ramificadas, diminuindo de tamanho para o fim das fileiras; distância entre as câmaras irregular; câmaras ligadas por delgados canais entre-câmaras; tamanhos das câmaras entre 0,1 e 1,0mm; aparentemente o sistema inicia-se por canal exploratório muito delgado, que logo se bifurca em dois ramos de câmaras.

Discussão. Forma bastante peculiar e sem semelhança com as icnoespécies já descritas para *Entobia*.

Entobia isp. C

(Estampa XI, figura 8)

Material. Um molde natural de sistema de galerias e câmaras sobre molde externo de *Barbatia*, proveniente de Tambaba, Formação Maria Farinha, Paraíba.

Descrição. Sistema de galerias relativamente grossas e irregulares ocupando praticamente todo o substrato; galerias de subcilíndricas a amebóides; alguns canais exploratórios erráticos cortam as galerias.

Discussão. A forma aproxima-se em alguns aspectos de *Entobia paradoxa*, especialmente em algumas galerias cilíndricas com constrições, mas afasta-se no aspecto geral. É possível que se trate de um sistema xenomórfico.

IV.1.12. Ícnogênero *Oichnus****Oichnus* Bromley, 1981**Ícnoespécie-tipo *Oichnus simplex* Bromley, 1981

- 1969 Perfurações. Sohl, p. 725-734, figs. 3-14.
 1993 *Oichnus*. Kowalewski, p. 70-71.
 2007 *Oichnus*. Blisset & Pickerill, p. 88.

Diagnose. Perfurações circulares a subcirculares de origem biológica, produzidas sobre substratos esqueléticos; a perfuração atravessa o substrato quando este é uma concha fina, ou termina dentro dele como uma depressão ou perfuração curta e subcilíndrica (Bromley, 1981).

***Oichnus simplex* Bromley, 1981**

(Estampa XII, figura 1)

- 1981 *Oichnus simplex* Bromley, p. 60-61, est. 2, figs. 2-5; est. 3, fig. 3.
 1985 *Oichnus simplex*. Martinell & Domènech, p. 10, 14-15, 28.
 1986a *Oichnus simplex*. Mayoral, p. 272-273, est. XV, figs. 7-12.
 1987a *Oichnus simplex*. Mayoral, p. 50, est. 1, figs. 23, 26-29.
 1989 *Oichnus simplex*. Martinell, p. 208, fig. 2.
 1992 *Oichnus simplex*. Batlori & Martinell, p. 24.
 1998 *Oichnus simplex*. Pickerill *et al.*, p. 27, figs. 9b, d.
 2001 *Oichnus simplex*. Nielsen & Nielsen, p. 103, figs. 1A,B, 5.
 2002 *Oichnus simplex*. Pickerill *et al.*, p. 112, fig. 3D.
 2002 *Oichnus simplex*. Donovan & Jagt, p. 72, fig. 4a.
 2003 *Oichnus simplex*. Santos *et al.*, figs. 3a,b; 7a,b.
 2006 *Oichnus simplex*. Farinati *et al.*, p. ?, fig. 3C.
 2007 *Oichnus simplex*. Blissett & Pickerill, Est. 3, fig. 6.

Diagnose. Orifícios de contorno circular, de forma cilíndrica ou subcilíndrica com o eixo mais ou menos perpendicular à superfície do substrato. O furo pode passar de forma reta pela valva quando está é delgada ou apresentar uma pequena auréola que circunda o orifício na forma de uma depressão muito superficial (Farinati *et. al.* 2006).

Material. Concha recristalizada de *Venericardia morganiana* (Rathbun), proveniente da porção superior da seqüência da Pedreira Poty, Formação Maria Farinha.

Descrição. Perfuração subcircular, cônica, terminando distalmente sem atravessar a valva, espessa, em concavidade semi-esférica; eixo perpendicular à superfície da valva; borda

externa danificada, aparentemente não exibindo auréola chanfrada; superfície interna exibindo as camadas da microestrutura da valva; diâmetro externo aproximadamente 2,8mm e interno 1,2mm.

Discussão. Bromley (1981) estabeleceu o icnogênero *Oichnus* com as icnoespécies *O. simplex* e *O. paraboloides* no sentido de abrigar furos circulares a subcirculares em substratos duros. Kowalewski (1993) faz uma análise das duas icnoespécies citando partes das diagnoses: *O. simplex* Bromley, 1981 tem “... uma forma cilíndrica a subcilíndrica simples, eixo mais ou menos perpendicular à superfície do substrato. Onde o substrato não é atravessado a terminação distal é achatada de forma hemisférica...”, enquanto que *O. paraboloides* Bromley, 1981, tem “... uma forma parabolóide , truncada nos casos da perfuração não atravessar a superfície ... sendo em muitos casos a abertura externa alargada por chanframento local ou completo”. Segundo ele, o termo chanframento (*beveling*) é sinônimo de borda escariada (*countersunk edge*), usado por Carriker & Yochelson (1968) em referência à borda externa alargada, mais ou menos uniforme e em forma de funil da perfuração. Portanto, a curvatura do furo em seção vertical e a natureza da margem externa são os dois mais importantes critérios para distinção das duas icnoespécies.

Distribuição estratigráfica e geográfica. Icnospécie documentada do Paleozóico ao Recente e com distribuição geográfica pandêmica.

Classificação etológica e organismos geradores. *O. simplex* tem sido atribuída à atividade predatória (Praedichnia) de gastrópodes muricídeos (Gerrero & Reyment, 1988). No entanto, Kowalewski (1993) questiona tal associação enumerando três fatores que podem dificultar as tentativas de identificação dos agentes predadores: desprezo de outros potenciais predadores, como cefalópodes; identificações equivocadas de perfurações de cada grupo e variações na forma, provocados por outros fatores, como posição do furo na presa e espessura e estrutura concha.

Oichnus isp.

Material. Apenas uma estrutura em valva de *Veniella brasiliensis* (Maury), substituída por calcário e em associação com *Maeandropolydora isp.* e *Rogerella elliptica*, proveniente do topo do pacote de arenito calcífero da Formação Itamaracá, Fazenda Garapu, Paraíba.

Descrição. Perfuração circular atravessando toda a espessura da valva; diâmetro externo levemente maior que o interno; borda externa levemente chanfrada.

Discussão. Icnospécime mal preservado e insuficiente para uma identificação em nível de icnospécie, porém, em linhas gerais semelhante a *Oichnus simplex*.

IV.1.13. Morfotipo A

Morfotipo A

(Estampa XI, figura 7)

Material. Moldes naturais de perfurações sobre moldes de bivalves, Tambaba, Paraíba

Descrição. Perfurações em forma de gota, comprimidas paralelamente ao substrato, retas ou levemente encurvadas, iniciando-se estreitas e logo se expandindo no interior do substrato, até desenvolver-se ao ponto de tocar a outra superfície do substrato, onde tende a tornar-se plana; algumas cavidades parecem desenvolver-se a partir de outras; superfície pode ser marcada por relevos suaves que acompanham a forma geral da cavidade (Fig. 48).

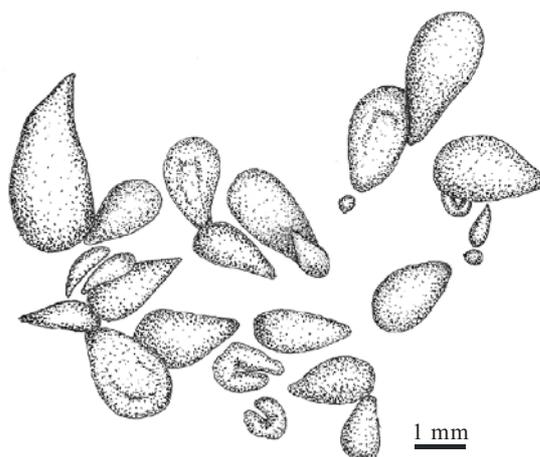


Figura 48. Desenho sob câmara-clara de moldes naturais das perfurações em forma de gota achatadas. Formação Maria Farinha superior, Tambaba, Paraíba.

Discussão. Forma peculiar que guarda alguma semelhança aos estágios iniciais de *Cunctichnus*, mas é encontrado de forma recorrente em vários moldes de bivalves, sempre mantendo a forma geral de gota achatada. A identificação formal será apresentada em publicação específica.

IV.1.14. *Problematica 1 e 2*

Alguns fósseis corporais e vários icnofósseis de caráter duvidoso são freqüentemente tratados sob a denominação de *Problematica* devido à sua natureza obscura (Häntzchel, 1966).

Problematica 1

(Estampa XII, figura 2)

Material. Amostra DGEO-CTG-UFPE-2147, correspondendo a molde externo de estrutura alongada sobre molde externo do bivalve *Crassatella dilapida*, proveniente da pedreira São Bento, Pernambuco. Formação Maria Farinha.

Descrição. Molde externo do que parece ser o corpo de organismo vermiforme segmentado sobre molde externo de bivalve, cortando a estrutura da valva e desenvolvido em molde principal e parte de molde externo com preenchimento de curso abandonado; molde principal

em forma de interrogação, mais enrolado na porção anterior, onde aparece porção de calcário no que corresponde à cabeça; segmentos estreitos e dotados de pares de parapódios laterais; estrutura mediana marcada por sulco mais profundo ao longo da estrutura; porção terminal com restos de preenchimento na parte do pigídio (Fig. 49).

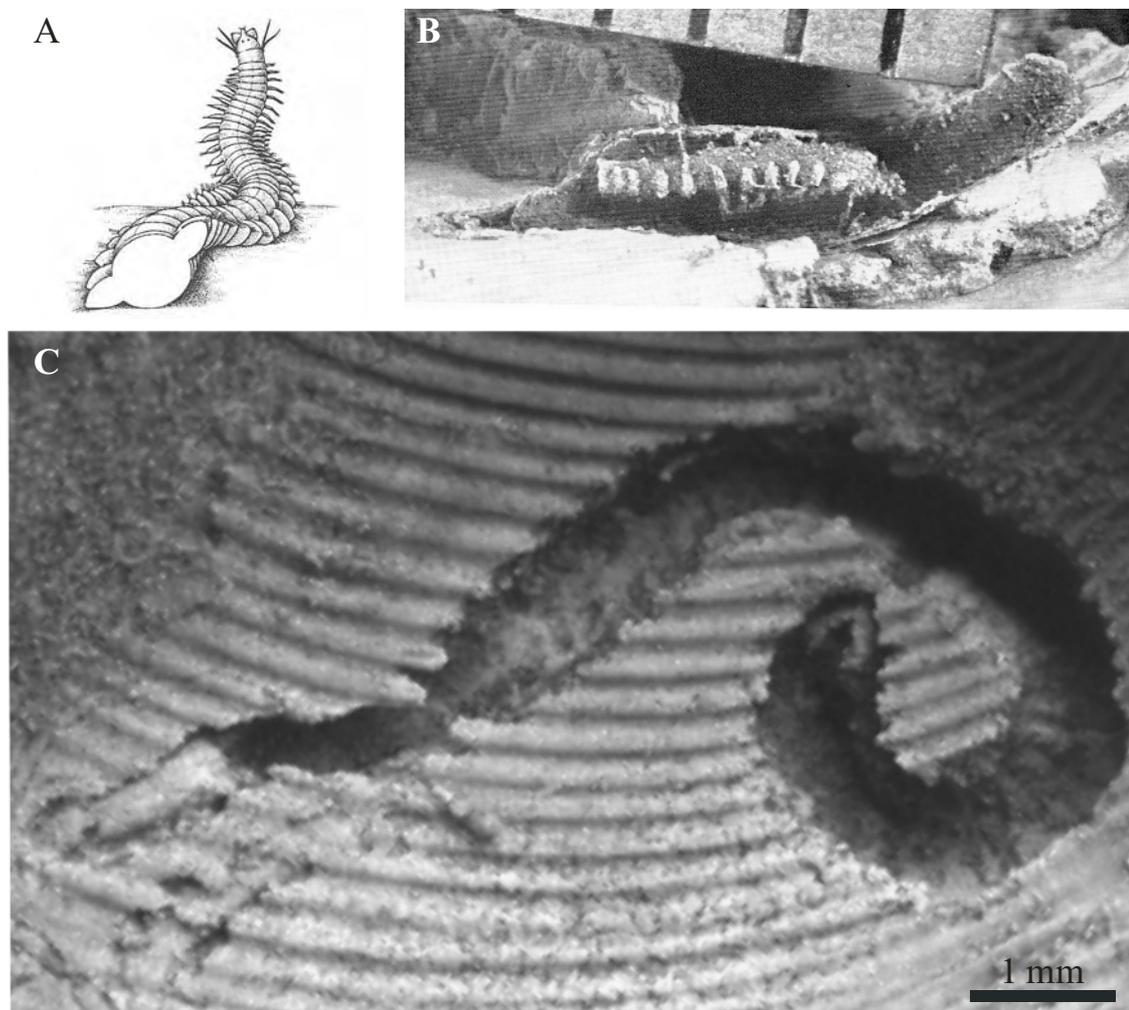


Figura 49. A. esquema mostrando a segmentação de corpo de poliqueta com os parapódios laterais e a seção quase circular do corpo (Ruppert *et al.*, 2005); B. fóssil do Spionidae *Vermiforacta rollinsi* Cameron parcialmente preservado no interior de sua galeria (*Vermiforichnus clarkei* Cameron) do Devoniano de Nova York (Cameron, 1969b); C. detalhes de *Problematica* 1 exibindo molde dos parapódios e parte da cabeça.

Discussão. Cameron (1969b) descreveu e ilustrou um molde de verme Spionidae (*Vermiforacta rollinsi* Cameron), encaixado em sua própria perfuração (icnoespécie *Vermiforichnus clarkei* Cameron). Este é um caso raro de preservação de organismo de corpo mole no interior de sua própria galeria perfurada em substrato mineral (valva de bivalve). O fóssil de poliqueta ilustrado por ele tem corpo levemente curvo, circular em seção e estruturas como parapódios, prostômio, cirros e palpo. A estrutura ora descrita é semelhante à morfologia geral dos poliquetas, com o corpo segmentado e os parapódios. Além da rara

preservação de organismo de corpo mole, o que chama a atenção na estrutura de São Bento é a relação com o substrato da concha, pois o organismo parece ter destruído parcialmente o substrato em duas posições. Na mesma amostra aparece outra galeria com preenchimento, mais longa, delgada e lisa, que pode estar associada à forma *Problematica 1* ou ser independente.

Esta estrutura merece uma investigação muito mais depurada e será assunto de pelo menos uma publicação específica. A relação com o substrato mineral organogênico também é de difícil compreensão no caso da estrutura *Problematica 2*.

Problematica 2

(Estampa XII, figuras 3,4)

Material. Dois espécimes, sendo um sobre moldes interno e externo do molusco bivalve *Fimbria beurleni* Muniz, 1993, depositado no DGEO-CTG-UFPE-5147 e outro, somente parcialmente preservado, sobre molde externo do bivalve *Mesocallista (Mesocallista) maurya* Muniz, 1993; amostra DGEO-CTG-UFPE-6305 sobre molde interno de gastrópode proveniente da Fazenda Alexandrina, Conde, Paraíba. Todos os exemplares foram coletados nos arenitos calcíferos do topo da Formação Itamaracá.

Descrição. Sulco subcilíndrico de trajetória meandriforme em semirrelevo cônico, sobre moldes internos de bivalves e gastrópodes; largura do sulco na parte proximal de cerca de 0,19 mm, chegando a alcançar 0,62 mm na parte distal; no exemplar DGEO-CTG-UFPE-5147 sobre molde interno de *Fimbria beurleni* Muniz, 1993, o início da perfuração se deu na região da charneira e parece ter seguido pelo umbo e região posterior até desenvolver e iniciar padrão paralelo em meandros ocupando área compacta de cerca de 15 mm²; meandros (entre 15 e 20) muito menos apertados na parte proximal e muito apertados a partir de então; os ramos são emparelhados em U longos e dobrados sem formar bolsa; cada ramo segue paralelamente ao anterior podendo avançar mais que o anterior e então dobrar-se para voltar paralelamente até encontrar os conjuntos mais antigos e fazer nova volta; as voltas formam-se quando o sulco encontra anteriores ou aleatoriamente; partes do curso do sulco, especialmente na parte proximal, exibem restos discretos de preenchimentos do sulco levemente separados das paredes do canal, sugerindo espaço de tubo secretado (Fig. 50).

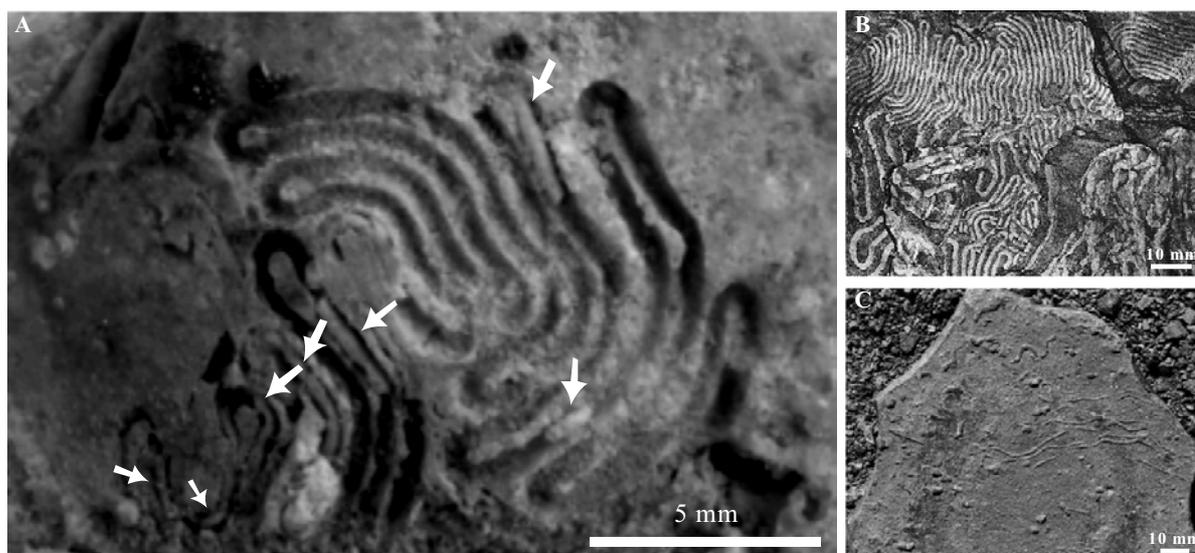


Figura 50. A. detalhe da estrutura paraibana, as setas mostram partes do preenchimento cilíndrico do interior da perfuração; B. *Helminthoida labyrinthica* do Cretáceo Superior, ilustrada por Moore (1966) e C. *Helminthorhapse flexuosa* (Ksiazkiêwicz), ilustrada por Demircan & Toker (2004).

Discussão. A valva parece ter se dissolvido parcialmente durante a preservação, perdendo especialmente parte de sua camada interna, tendo em vista que o molde interno exhibe o reflexo da ornamentação e apenas na região posterior revela o relevo da cicatriz muscular. A estrutura destrói o relevo da cicatriz e de uma estrutura em alto relevo ao longo da carena.

Classificação etológica e organismos geradores. Santos *et al.* (2007) indicaram que as pistas ora tratadas revelam um comportamento do tipo homostrófico e tigmotáxico, semelhante ao que se observa nos icnogêneros de grafogliptídeos *Helminthoida* Schafhäutl, 1851 e *Helminthorhapse* Seilacher, 1977, característicos de substratos inconsolidados e ambientes marinhos profundos (icnofácies Nereites). Os icnogêneros *Helminthoida* e *Helminthorhapse* são caracteristicamente estruturas Pascichnia, assim como sugere o comportamento do morfotipo ora descrito, mas com a particularidade de tratar-se de uma estrutura endógena que muda de tamanho ao longo de sua ontogenia, o que pode significar que serviu de habitação para seus produtores durante longo intervalo de tempo (Domichnia). Os padrões regulares de grafogliptídeos desapareceram das plataformas marinhas a partir do Ordoviciano e a presença de um padrão semelhante em ambiente cretáceo pode ser conseqüência do ambiente crítico em que o animal produtor desenvolveu-se.

CAPÍTULO

V

TAFONOMIA

A Tafonomia trata da análise dos processos que envolvem a transição dos restos orgânicos da biosfera para a litosfera, desde a morte dos organismos até momento em que seus restos fossilizados são coletados. O estudo de processos tafonômicos atuais permite a extrapolação para as acumulações fósseis de assinaturas tafonômicas semelhantes, com a finalidade de recompor a história da formação das orictocenoses. Segundo Parsons & Brett (1991), os processos de formação de uma concentração fossilífera podem ser divididos em duas etapas: uma primeira etapa que compreende os processos que interferem na preservação dos restos esqueletais, como incrustação, fragmentação, abrasão, bioerosão e corrosão; uma segunda etapa que envolve os processos que afetam as relações entre os bioclastos, tais como suas orientações e graus de articulação.

Nos últimos anos a Tafonomia tem assumido um importante papel nas reconstituições paleoecológicas e paleoambientais e muitos estudos têm contribuído para o aprimoramento de métodos (Kidwell *et al.*, 1986; Meldhal & Flessa, 1990; Kidwell & Bosence, 1991; Kidwell & Holland, 1991; Simões, 1998, entre muitos outros).

Como consequência das análises tafonômicas, os tratos sedimentares podem ser individualizados em fácies tafonômicas ou tafofácies, que correspondem a corpos rochosos identificados pelas suas características tafonômicas e cujas definições podem ser muito úteis na interpretação de processos e ambientes de fossilização (Speyer & Brett, 1986, 1988). Os aspectos tafonômicos somam-se, assim, às análises sedimentológicas, ecológicas e à definição de litofácies e biofácies, como importantes ferramentas para as análises das seqüências estratigráficas.

Dentre todos os atores - bioclastos - úteis nos estudos tafonômicos, os moluscos bivalves têm se destacado, devido às suas características mais quantificáveis que outros esqueletos, como articulação das valvas, orientação da concavidade/convexidade e inclinação. Outros fatores, mais comuns a qualquer bioclasto são: seleção, fragmentação, grau de dissolução, preservação de arestas, abundância, incrustação e bioerosão. Autores como Kidwell *et al.* (1986) e Kidwell & Holland (1991) têm dedicado estudos qualitativos e quantitativos a respeito destes parâmetros tafonômicos.

Kidwell *et al.* (1986) formularam conceitos e terminologias importantes para a classificação de concentrações fossilíferas, com implicações paleoecológicas e sedimentológicas. Segundo eles, uma assembléia fóssil pode ser classificada de autóctone quando é composta por espécimes derivados da comunidade local e preservados em posição de vida. Uma assembléia composta por indivíduos autóctones, mas que sofreram algum retrabalhamento, dentro do próprio habitat original de vida, é dito parautóctone. Um terceiro tipo compreende a assembléia alóctone, com os espécimes transportados de fora de seus habitats para outro substrato. Segundo eles, também ocorrem as assembléias híbridas autóctones-parautóctones, parautóctones-alóctones e autóctones-alóctones. Para o cenário da icnologia, Kidwell & Bosence (1991) estabeleceram o termo icnoassembléia.

No cenário dos estudos tafonômicos, os vestígios de bioerosão configuram apenas um dos parâmetros capazes de contribuir para a definição de tafofácies. Um fator muito importante para a análise da colonização de bioclastos por bioerodentes em relação à tafonômica de determinada tafofácies, é a distinção entre uma colonização enquanto o hospedeiro estava vivo ou morto. Taylor & Wilson (2002) estabeleceram alguns critérios para esta distinção (Tab. 10), que podem servir para a definição de uma seqüência de colonização, obviamente relacionada aos processos de soterramento, exumação, transporte e deposição. Esta análise está também ligada ao hábito do bioerodente, especialmente se é endolítico ou epilítico.

Tabela 10. Critérios para distinguir entre colonização de substratos minerais bióticos em condição de vida ou *post-mortem* por organismos esqueletobiontes (modificado de Taylor & Wilson, 2002).

Critério	Condição	Confiança	Observações	Exemplos
Inter-crescimento e inter-acamamento esquelético	Vivo	Absoluta	Tanto inter-crescimento como inter-acamamento indicam que o hospedeiro estava vivo durante a colonização	Estromatoporóides e corais tabulares; cirrípedes incrustantes e gastrópodes; corais solitários e briozoários.
Distorção ou reação do esqueleto do hospedeiro	Vivo	Alta	Cornulitídeos são frequentemente indicados como causadores de injúrias em conchas de braquiópodes hospedeiros	Amonóides; braquiópodes, crinóides.

* complementos do autor desta tese.

Continuação Tab. 10.

Critério	Condição	Confiança	Observações	Exemplos
Crescimento de incrustante parando em linhas de crescimento	Vivo	Alta	A terminação do crescimento do incrustante é inferida como tendo a mesma origem da que causou a do hospedeiro	Braquiópodes
Orientação preferencial ou distribuição de esqueletobiontes em relação ao esqueleto	Vivo	Variável	Pode significar respostas às atividades dos hospedeiros ou fatores <i>pos-mortem</i> de orientação devido a regimes de corrente e interface sedimento/água.	Cefalópodes, braquiópodes, crinóides e corais.
Tamanho e distribuição de esqueletobiontes ao longo do hospedeiro	Vivo	Alta	Esqueletobiontes aderidos a hospedeiros vivos e em crescimento crescem no sentido mais senil do hospedeiro	Briozoários*
Padrão de crescimento de esqueletobionte modificado	Vivo	Alta	Padrões não usuais ramificados em braquiópodes são evidências de crescimentos congruentes de incrustantes e hospedeiros	
Colonizações mais densas de partes mais senis	Vivo	Variável	Partes mais senis de hospedeiros disponíveis por longos períodos podem ser intensamente colonizados	Espônjas Clionidae*
Esqueletobiontes colonizando partes internas e tecidos moles	Morto	Alta	Superfícies esqueléticas envolvidas por tecidos moles são inacessíveis a esqueletobiontes	Interiores de belemnites, braquiópodes, bivalves*, gastrópodes* e outros cefalópodes*
Especificidade do hospedeiro	Vivo	Variável	Larvas de esqueletobiontes usando uma intenção biológica de aninhar-se em hospedeiros	Gastrópodes, amonóides
Crescimento passando de uma valva a outra pela comissura	Morto	Muito alta	Este padrão de crescimento de esqueletobiontes pode selar as valvas fechadas e impedir a alimentação do hospedeiro	Ícnogênero <i>Umbichmus</i> *
Falta de crescimento através da comissura	Vivo	Variável	Abertura de conchas após a morte é possível, diminuindo a aplicabilidade deste critério	Braquiópodes, bivalves*
Colonização densa	Morto	Variável	Hospedeiros podem suportar diferentes graus de colonização, mas relativamente poucos sobrevivem a um revestimento intenso	Briozoários, esponjas Clionidae, vermes*

* complementos do autor desta tese.

Taylor & Wilson (2002) ressaltaram que poucos estudos experimentais tafonômicos têm sido levados a cabo em relação aos organismos epibiontes.

Numa superfície soterrada há pouco tempo, os primeiros colonizadores ocupam os níveis mais rasos dos substratos. Esses pioneiros são os organismos microbianos, a que se seguem os raspadores dotados de rádula (poliplacóforos e gastrópodes), seguidos dos geradores de arranhões, os equinóides (Akpan, 1984). São necessários de um a dois anos para o estabelecimento de bioerodentes mais profundos (esponjas e bivalves) e mais alguns anos para que a atividade cause desintegração extensiva da superfície original do substrato (Bromley *et al.*, 1991).

Como a finalidade desta tese não envolve a análise de grupos fósseis corporais, as inferências tafonômicas aqui desenvolvidas se utilizam de alguns caracteres gerais das biofábricas das malacofaunas e dos substratos de corais e algas, apenas na medida

necessária para relacioná-los com as estruturas de bioerosão. Sendo assim, as descrições a seguir devem ser entendidas apenas como notas tafonômicas ligadas à bioerosão das principais icnocenososes.

V.1. TAFOFÁCIES DE ÁRVORE ALTA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)

Os icnofósseis de macrobioerosão da localidade de Árvore Alta estão presentes em níveis conchíferos encerrados em duas camadas de arenito calcífero de espessura total em torno de 5 m e de contatos gradativos entre si e erosivo no topo com as margas da Formação Gramame. Os bioclastos são constituídos principalmente por moluscos bivalves de valvas bastante espessas, predominantemente desarticuladas e moderadamente fragmentadas. Gastrópodes também têm conchas espessas e exibem graus menores de fragmentação. Cefalópodes ocorrem em menor proporção e geralmente fragmentados. Padrões de corrosão podem ser observados em alguns bioclastos, mas geralmente as conchas estão quebradas, mas não corroídas. Os bioclastos estão bastante recristalizados, parcial ou totalmente dissolvidos.

A biofábrica é sustentada pela matriz, exceto em algumas porções onde as conchas exibem empacotamento como pavimento de conchas. A organização é caótica e o grau de seleção é baixo.

A assembléia corresponde a uma acumulação do tipo parautóctone-alóctone, com mistura de organismos de infauna de substrato não consolidado (*Lopatinia*, *Trigonarca*, *Veniella*, *Leptosolen*) e representantes de hábito cimentado (*Pycnodonte*, *Ostrea*)

Os vestígios de bioerosão ocorrem sob a forma de moldes naturais de perfurações em conchas; espaços vazios em conchas recristalizadas e perfurações preenchidas em conchas recristalizadas e são de três tipos: perfurações nos bioclastos (*Rogerella*, *Caulostrepsis*, *Entobia*, *Gastrochaenolites* e galeria meandrante); incrustações nos bioclastos (*Leptichnus*) e perfurações na matriz (*Gastrochaenolites*). O grau de colonização é alto e sugere ataques em mais de um evento e colonizações bastante senis. Os três tipos de colonização sugerem ataques *post-mortem*, ou porque ocorrem na parte interna dos bioclastos, como é o caso de *Rogerella*, especialmente nas charneiras de valvas desarticuladas, e forma meandrante (Problemática); ou devido ao alto grau de infestação (*Entobia*) ou ao ataque de fragmentos (*Entobia*, *Caulostrepsis*) ou ataque

quando o bioclasto já se encontrava litificado (*Gastrochaenolites*). A presença de *Gastrochaenolites* foi observada tanto restrita aos bioclastos quanto somente à matriz ou envolvendo matriz e bioclastos simultaneamente. Isso sugere mais de um momento de ataque, antes do soterramento e depois do soterramento e litificação. Não foi possível avaliar a ação de transporte de bioclastos já perfurados por bivalves litófagos.

O ambiente areno-carbonático deveria permitir uma colonização de indivíduos mortos acumulados por transporte incapaz de selecionar e posteriormente ataque por litófagos dos substratos bioclásticos e líticos indiscriminadamente.

V.2. TAFOFÁCIES DE FAZENDA GARAPU (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)

Os vestígios de bioerosão na localidade de Fazenda Garapu estão concentrados em dois níveis conchíferos distintos de características tafonômicas particulares, encerrados em duas camadas de arenito calcífero de espessura total em torno de 4 m e de contatos erosivos entre si e erosivo no topo com as margas da Formação Gramame.

Na camada inferior, à semelhança de Árvore Alta, os bioclastos são constituídos principalmente por moluscos bivalves de valvas bastante espessas, predominantemente desarticuladas e moderadamente fragmentadas. Gastrópodes também têm conchas espessas e exibem graus menores de fragmentação. A matriz está bastante recristalizada e a resistência da rocha dificulta a observação dos bioclastos. Os padrões de corrosão observados em alguns bioclastos são baixos, mas geralmente as conchas estão quebradas, porém não corroídas. Os bioclastos estão bastante recristalizados e não exibem sinais de dissolução. A biofábrica é matriz-suportada e a organização é caótica, com grau de seleção baixo.

A assembléia corresponde a uma acumulação parautóctone-alóctone com indivíduos trazidos de ambiente de substrato consolidado (*Ostrea*, *Pycnodonte*, *Exogyra*) e outros remobilizados do próprio ambiente (*Lopatinia*, *Fimbria*, *Veniella*).

Os vestígios de bioerosão são moderados e ocorrem sob a forma de moldes naturais de perfurações em esqueletos recristalizados e são de dois tipos: perfurações nos bioclastos (*Rogerella*, *Entobia*) e incrustações nos bioclastos (*Leptichnus*). Os dois tipos de colonização sugerem ataques *post-mortem*, pois ocorrem na parte interna dos bioclastos, como é o caso de *Rogerella*, especialmente nas charneiras de valvas

desarticuladas ou devido ao alto grau de infestação (*Entobia*) ou ao ataque de fragmentos. O ambiente deve ter permitido uma colonização rápida *post-mortem*, com subsequente soterramento e cimentação carbonática.

A camada superior, em contato com as margas da Formação Maria Farinha exibe um relevo cárstico em sua superfície e é extremamente rica em conchas, valvas, fragmentos de valvas de bivalves e fragmentos de conchas de gastrópodes substituídos por calcário. Muitos destes bioclastos estão liberados da matriz pelo intemperismo. Os que estão na matriz arenosa-carbonática formam pavimento de conchas relativamente bem empacotado.

A assembléia é basicamente parautoctone-alóctone, com mistura e acumulação de organismos de infauna e epifauna cimentada.

Os bioclastos deste nível estão intensamente colonizados, especialmente exibindo *Maeandropolydora* e *Rogerella*. Ocorrem sob a forma de esqueletos inteiros e articulados com pouca corrosão até fragmentos intensamente fragmentados e corroídos, com indícios de colonização a partir de partes quebradas e corridas. Infestações por galerias de vermes (*Maeandropolydora*) chegam a ocupar quase que totalmente determinados bioclastos. Todos os vestígios de bioerosão, associados aos dados sedimentares e inerentes aos bioclastos, sugerem exumação, transporte e relativa seleção e posterior momento de baixa taxa de sedimentação para a colonização. Alguns exemplares com os preenchimentos de galerias desgastados, sugerem ainda uma colonização anterior ao transporte, mas isso pode estar sendo mascarado por feições de dissolução intempérica.

V.3. TAFOFÁCIES DE FAZENDA ALEXANDRINA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)

As assinaturas tafonômicas das camadas de arenito calcífero de Fazenda Alexandrina são muito semelhantes às de Árvore Alta.

As esculturas de macrobioerosão da localidade de fazenda Alexandrina estão presentes em níveis conchíferos encerrados em duas camadas de arenito calcífero, de espessura total de pelo menos 5 m e de contatos gradativos entre si e erosivo no topo com as margas da Formação Gramame. Os bioclastos são constituídos principalmente por moluscos bivalves de valvas bastante espessas, predominantemente desarticuladas e

moderadamente fragmentadas, podendo, no entanto, estar unidas e perfeitamente preservadas. Gastrópodes também têm conchas espessas e exibem graus menores de fragmentação. Cefalópodes ocorrem em menor proporção e geralmente fragmentados, mas podem estar perfeitamente preservados. Padrões de corrosão podem ser observados em poucos bioclastos, geralmente quebrados, mas não corroídos. Os bioclastos estão bastante recristalizados, parcial ou totalmente dissolvidos.

A biofábrica é matriz-suportada, exceto em algumas porções onde as conchas exibem empacotamento como pavimento de conchas. A organização é caótica e o grau de seleção é baixo.

A assembléia é parautóctone-alóctone exibindo mistura de indivíduos de infauna de substrato inconsolidado (*Lopatinia*, *Veniella*, *Mesocallista*, *Legumen*) e indivíduos de substrato endurecido (*Pycnodonte*, *Exogyra*, *Ostrea*)

Os vestígios de bioerosão ocorrem sob a forma de moldes naturais de perfurações em conchas; espaços vazios em conchas recristalizadas e/ou parcialmente dissolvidas e perfurações preenchidas em conchas recristalizadas e são de três tipos: perfurações nos bioclastos (*Rogerella*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*, *Entobia*, *Gastrochaenolites* e galeria meandrante); incrustações nos bioclastos (*Leptichnus*) e perfurações na matriz (*Gastrochaenolites*). O grau de colonização é alto e sugere ataques em mais de um evento e colonizações bastante senis. Os três tipos de colonização sugerem ataques *post-mortem*, ou porque ocorrem na parte interna dos bioclastos, como é o caso de *Rogerella*, especialmente nas charneiras de valvas desarticuladas, e forma meandrante (Problemática); ou devido ao alto grau de infestação (*Entobia*) ou ao ataque de fragmentos (*Entobia*, *Caulostrepsis*) ou ataque quando o bioclasto já se encontrava litificado (*Gastrochaenolites*). A presença de *Gastrochaenolites* foi observada tanto restrita aos bioclastos quanto somente à matriz ou envolvendo matriz e bioclastos simultaneamente. Isso sugere mais de um momento de ataque, antes do soterramento e depois do soterramento e litificação. Não foi possível avaliar a ação de transporte de bioclastos já perfurados por bivalves litófagos.

O ambiente areno-carbonático deveria permitir uma colonização de indivíduos mortos acumulados por transporte incapaz de selecionar e posteriormente ataque por litófagos dos substratos bioclásticos e líticos indiscriminadamente.

V.4. TAFOFÁCIES DA PEDREIRA POTY (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

Apesar de uma ampla análise de restos esqueléticos e moldes coletados em várias campanhas de campo na Poty com controle estratigráfico, somente foram encontrados vestígios de bioerosão em bioclastos coletados sem esse controle e depositados nas coleções do DGEO. Dessa forma, a análise aqui apresentada é apenas uma indicação para futuras campanhas com finalidade tafonômica.

Nessas camadas as assembléias são do tipo autóctone-parautóctone ou parautóctone-alóctone. Características tafonômicas de exumação e transporte se intercalam com níveis bioturbados com assembléias autóctones.

Os bioclastos analisados são de dois tipos. Um molde interno de cefalópode da espécie *Cimomia pernambucensis*, das camadas basais da Formação Maria Farinha, exibe denso sistema de galerias e câmaras preenchidas pelo mesmo calcário argiloso da matriz em um dos lados da concha. A colonização por esponjas Clionidae (*Entobia*) e vermes Polychaeta (*Caulostrepsis*) revela uma infestação de alto grau e bastante senil, sugerindo que a concha permaneceu exumada por tempo suficiente em ambiente relativamente calmo.

Outra evidência de ação bioerosiva está presente numa concha de *Venericardia vilmotii* (Rathbun) proveniente das camadas mais superiores da seqüência da Poty. Trata-se de uma estrutura de predação (*Oichnus*). Nestes níveis superiores a maioria dos bivalves apresenta conchas articuladas e poucas feições de desgaste e fragmentação. A seleção também é baixa, com misturas de conchas de bivalves, gastrópodes, restos de peixes, fragmentos de corais e vertebrados diversos. Em alguns níveis as conchas estão em posição de vida e em outros exibem indícios de exumação e transporte. As taxas de sedimentação deveriam ser suficientes para soterramentos antes de colonizações por bioerodentes e incrustantes. Bioturbações são comuns, especialmente na superfície das camadas (*Thalassinoides*).

V.5. TAFOFÁCIES NA PEDREIRA SÃO BENTO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

A antiga Pedreira São Bento encerra um dos mais interessantes acervos icnológicos da Bacia da Paraíba. A icnocenose ocorre numa camada de pouco mais de 20 cm de calcário argiloso.

A biofábrica é matriz-suportada (figura 51), mas em algumas porções chega a configurar pavimentos de concha suportados pelos bioclastos, que estão todos dissolvidos. Ocorrem predominantemente bivalves, seguidos de gastrópodes e fragmentos de corais. Os bivalves estão preferencialmente desarticulados e com concavidades voltadas para cima, mas também bastante fragmentados ou com valvas unidas. Em algumas partes a seleção chegou a acomodar níveis de *Crassatella dilabida* intercalados com níveis de diminutos fragmentos. Apesar da desarticulação e fragmentação, poucos vestígios de corrosão estão presentes. As ornamentações estão perfeitamente preservadas.

A assembléia é parautóctone-alóctone, exibindo mistura de organismos de substrato consolidado com organismos de infauna sésil de mais de uma área-fonte.

Os vestígios de bioerosão são intensos e podem ser divididos tafonomicamente em dois momentos: uma fase de colonização está presente nos bioclastos mais inteiros, desarticulados ou articulados, especialmente colonizados por esponjas Clionidae (*Entobia*) e vermes (*Caulostrepsis*, *Maeandropolydora* e *Vermiforichnus*). Em menor proporção nesta fase aparecem as infestações por vermes causadores de pequenas galerias em forma de bastão (*Trypanites*). Na outra fase, predominam as infestações de *Trypanites* nos pequenos fragmentos de conchas, bem como alguns fragmentos infestados por *Caulostrepsis* e *Maeandropolydora*. Nenhum *Trypanites* foi observado na própria matriz, como também não existem evidências de ataque de litófagos. A história tafonômica desta acumulação conchífera deve ter passado por um momento de transporte dos fragmentos menores e mais infestados por *Trypanites* e outro de exumação e transporte dos fragmentos de corais e bivalves de valvas inteiras ou articuladas. Isso sugere um ambiente-fonte com baixa taxa de sedimentação e fundo consolidado para suportar os corais e colonização *post-mortem*. Como não foram observadas galerias de *Trypanites* com cursos erodidos, supõe-se uma colonização dos fragmentos menores após o transporte que os reduziu ainda mais. Todos os conjuntos de galerias de *Trypanites* desenvolvem-se a partir de bordas de valvas ou bordas dos fragmentos. A figura 51 exhibe alguns aspectos do

calcário de São Bento, desde os bioclastos dispersos caoticamente na matriz (A) até níveis suportados pelos bioclastos e bastante bioerodidos (F).

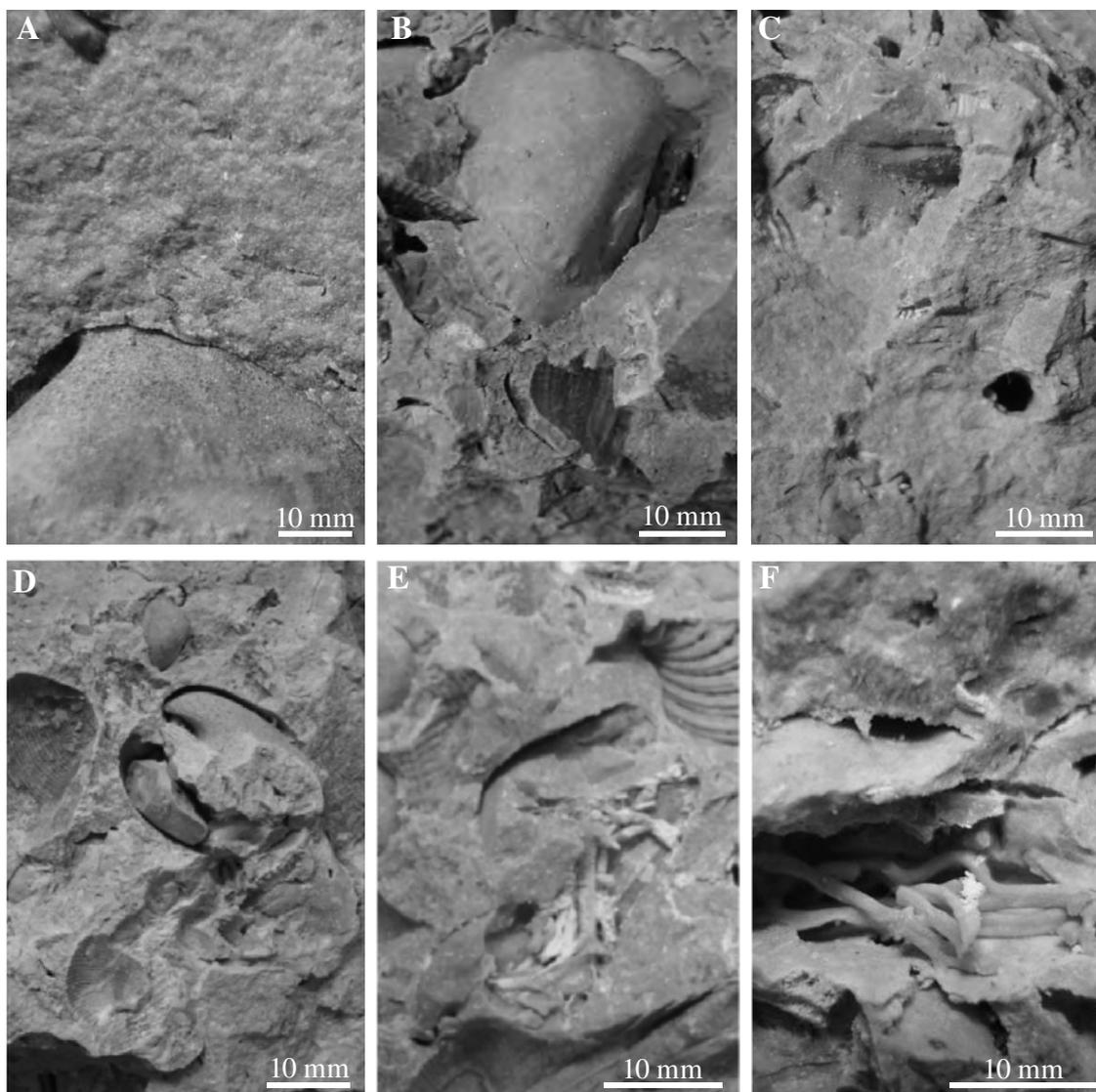


Figura 51. Aspectos da biofábrica do calcário de São Bento, exibindo os moldes externos e internos de conchas articuladas, valvas e fragmentos dispostos caoticamente. As imagens E e F exibem preenchimentos de galerias (*Maeandropolydora elegans*).

V.6. TAFOFÁCIES DAS CAMADAS DA PRAIA DE JAGUARIBE (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

A icnocenose da Praia de Jaguaribe ocorre numa camada de cerca de 80 cm de calcário argiloso, com alguma proporção de areia e intercalações localizadas de corais e esteiras de algas, provavelmente *Archaeolithothamnium*.

Os bioclastos estão preservados sob a forma de moldes e compreendem principalmente moluscos bivalves e gastrópodes. A orientação é caótica, poucos estão articulados e alguns estão incrustados nas esteiras de algas e corais.

Uma assembléia é autóctone (entre esteiras de algas e colônias de corais) e a outra é autóctone-parautóctone, representando mobilização em ambiente recifal.

O grau de bioerosão é elevado e está relacionado a duas histórias tafonômicas. Um grupo de bioclasto exibe colonização intensa por esponjas Clionidae (*Entobia*), sugerindo acumulação de restos entre colônias de corais e algas e ataque *post-mortem* em ambiente de baixa taxa de sedimentação que permitia longa exposição. Essa concentração pode ser classificada como parautóctone. Outro grupo tafonômico diz respeito aos bioclastos preservados por incrustação por corais e algas. Nesta fase, o substrato consolidado permitiu o ataque por bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*). Essa fase compreende uma acumulação autóctone.

V.7. TAFOFÁCIES DAS CAMADAS DE CARAPIBÚS E TAMBABA (FORMAÇÃO MARIA FARINHA SUPERIOR)

Os calcários das localidades de Carapibus e Tambaba guardam a maior diversidade de evidências bioerosivas da Bacia da Paraíba. Estas evidências estão ligadas a dois grupos tafonômicos distintos, um associado a uma assembléia autóctone de núcleo recifal de corais e algas coralíneas e outra parautóctone-autóctone de cavidades entre colônias de corais e algas de ambiente recifal (Fig. 52).

A assembléia de núcleo recifal incrustado por algas e corais é formada por organismos perfuradores, cimentadores e bissados. Os bioclastos ocorrem geralmente em posição de vida e entre esteiras de algas *Archaeolithothamnium*, preservados sob a forma de moldes (Fig. 52A,B). Eventualmente alguns bioclastos estão fragmentados e incrustados. Os indícios de bioerosão ocorrem sob a forma de sistemas de galerias e câmaras de esponjas (*Entobia*), pequenas cavidades de cirrípedes (*Rogerella*), galerias de vermes (*Lapispecus*, *Conchotrema*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*, *Cunctichnus*) e galerias de bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*) indiscriminadamente produzidas nas esteiras de algas, nos corais e bioclastos. A história tafonômica dessa assembléia sugere colonização em vida (antes do recobrimento por colônias de corais e

algas) e *post-mortem* (especialmente por *Lithophaga*), correspondendo principalmente a uma assembléia autóctone.

A assembléia parautóctone-autóctone encerra bioclastos de organização caótica, matriz-suportados em calcário argiloso, composta por moldes de valvas desarticuladas de organismos bissados de epifauna recifal, além de gastrópodes e rodolitos de algas. O grau de bioerosão é intenso e os vestígios sugerem colonização *post-mortem* em ambiente que permitia a permanência dos restos exumados por tempo suficiente para tal diversidade de colonização. Muitos organismos deviam ser arrancados por ação de ondas das superfícies de corais e algas e se acumulavam nas cavidades do recife, formando acumulações de restos muito propícios à bioerosão e posterior cimentação carbonática. Este grupo tafonômico também exhibe cavidades geradas por *Lithophaga* apenas limitadas aos substratos intraclásticos, indicando que a colonização por bivalves perfuradores ocorreu antes do último evento de deposição (Fig. 52C-E).

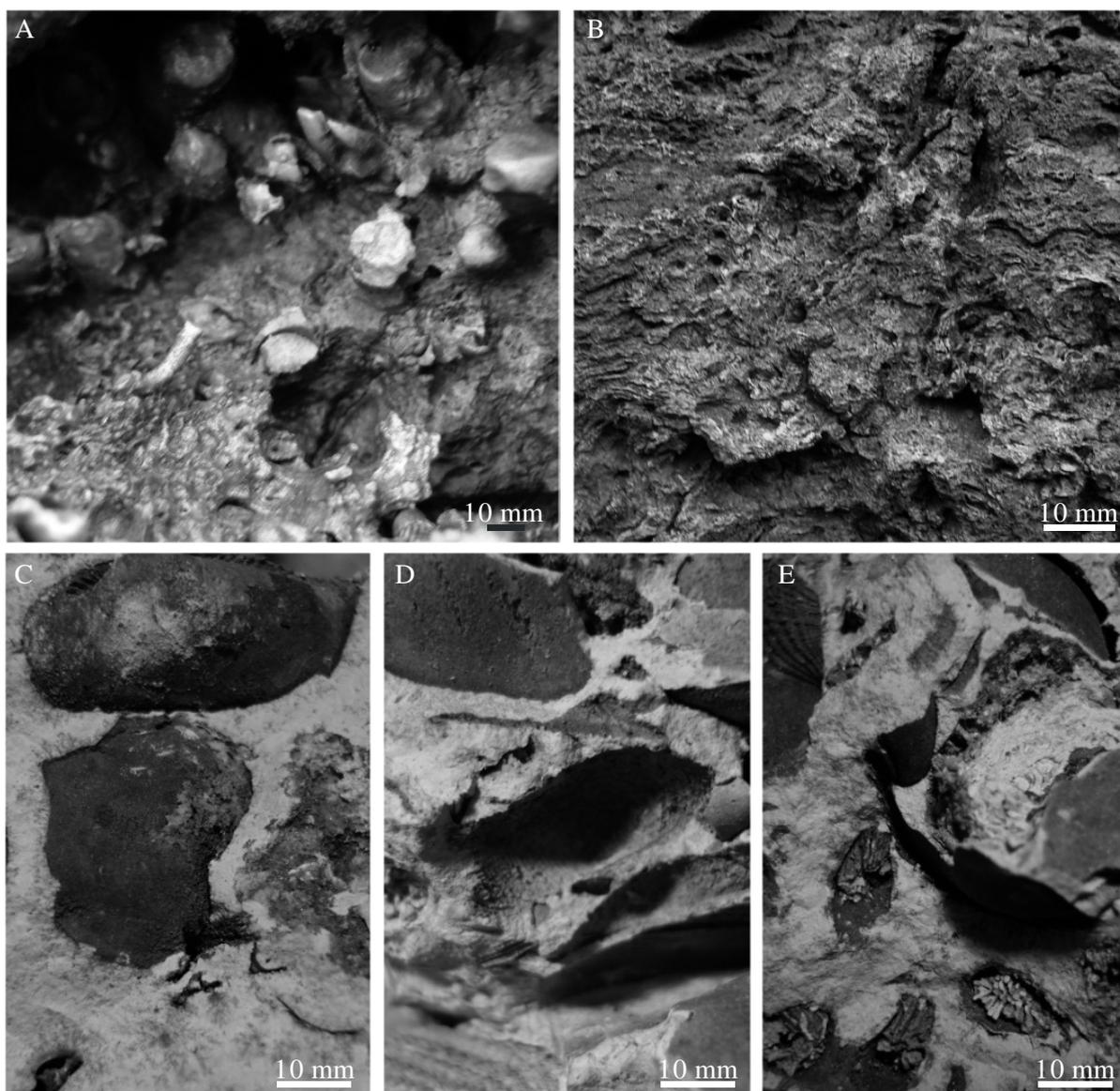


Figura 52. Aspectos das biofábricas dos calcários de Tambaba. A. Moldes de *Lithophaga* (*Lithophaga*) sp. e de suas perfurações (*Gastochaenolithes torpedo*) na tafofácies de assembléia autóctone-parautóctone em aspecto autóctone; B. Vista das crostas de algas *Archaeolithothamnium* da tafofácies autóctone-parautóctone; C-E. Detalhe de moldes de bivalves da epifauna bissada em acumulação caótica e fragmentos de corais, desprendidos das colônias e acumulados na tafofácies da assembléia parautóctone-autóctone.

CAPÍTULO

VI

PALEOECOLOGIA E ICNOFÁCIES

VI.1. INFERÊNCIAS ECOLÓGICAS A PARTIR DOS VESTÍGIOS DE MACROBIOEROSÃO

São várias as maneiras de abordar os icnofósseis do ponto de vista ecológico. Uma das abordagens mais usuais é o agrupamento dos icnofósseis em conjuntos, ou icnoassembléias, que correspondem a todos os icnofósseis que ocorrem dentro de uma unidade de rocha. Assim como no âmbito das assembléias de fósseis corporais, as icnoassembléias não têm comprometimento com a origem do conjunto de icnofósseis (Kidwell & Bosence, 1991). Este termo é aqui usado como sinônimo de reunião ou conjunto. Sendo assim, os traços fósseis de uma assembléia podem representar uma colonização simultânea de um grupo ecológico relacionado ou representar mais de um evento de bioturbação (Bromley, 1996b). Iconoassembléias de estruturas de bioerosão, portanto, têm o mesmo caráter, mas com a especificidade adicional de poder ser formada por estruturas alóctones, transportadas dentro de clastos e, portanto, totalmente diferentes da tafocenose original. Goldring (1991) cunhou o termo icnoclasto para tal categoria de icnofóssil retrabalhado.

O termo paleoicnocenose é aconselhado por Bromley (1996b) para identificar uma icnocenose de assembléias de icnofósseis que resultaram do trabalho de uma simples comunidade, indicando, no entanto, a dificuldade que existe na identificação de paleoicnocenoses. Ressalta ainda que a rapidez na sucessão de comunidades no substrato aquático gera superimposição de estruturas na mesma unidade de rochas. Relações de corte de estruturas, por outro lado, são úteis na identificação de sucessões de colonização.

Para Frey & Pemberton (1987) as icnocenosos são o equivalente não-fossilizado das icnofácies. Bromley (1996b), no entanto, sugere a adoção do termo icnocenose para aplicações em pequena escala e icnofácies para abordagens de larga escala.

Num sentido mais ecológico, os icnofósseis podem ser agrupados em icnoassociações, que refletem uma determinada conduta, um comportamento trófico, um zoneamento ou nível de ocupação do substrato e uma morfologia dos produtores (Mayoral & Muñiz, 1996).

Nesta tese optou-se pela tentativa de identificar nas icnoassembléias de cada pacote de rocha as paleoicnocenosos, acompanhadas por inferências de icnoassociações, seguindo-se de perto a metodologia adotada por Mayoral & Muñiz (1996) para a Bacia de Guadalquivir, na Espanha.

VI.1.1. Icnoassembléia de Engenho Amparo (Formação Itamaracá)

A icnoassembléia de Engenho Amparo é composta pelos seguintes icnotáxons: *Maeandropolydora sulcans* Voigt e *Entobia cretacea* Portlock.

O grau de bioerosão é intenso e as formas de colonização são indicadas na tabela 11.

Tabela 11. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de Engenho Amparo.

Iconotáxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Maeandropolydora sulcans</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Colonização profunda
<i>Entobia cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Alto grau de colonização

A paleoicnocenose é representada pela colonização por vermes (*Maeandropolydora*), seguida pela colonização extrema por esponjas Clionaidae (*Entobia*).

O binômio *Maeandropolydora-Entobia* pode ser usado para caracterizar esta paleoicnocenose.

VI.1.2. Icnoassembléia de Árvore Alta (Formação Itamaracá)

A icnoassembléia de Árvore Alta é composta pelos seguintes icnotáxons: *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley; *Rogerella elliptica* (Codez); *Gastrochaenolites*

lapidicus Kelly & Bromley; *Caulostrepsis cretacea* (Voigt), *Entobia cretacea* Portlock, *Trypanites solitarius* (Hagenow) e forma meandrante Problematica.

O grau de bioerosão é intenso e as formas de colonização são indicadas na tabela 12.

Tabela 12. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de Árvore Alta.

Iconotaxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Leptichnus peristroma</i>	Epiesqueletozoário – Fixichnia	Incrustações muito restritas, na face externa de bivalves
<i>Rogerella elliptica</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Infestações significativas nas faces internas e externas especialmente de bivalves
<i>Gastrochaenolites lapidicus</i>	Endolitozoário/endoesqueletozoário – Domichnia	Perfurações tanto na matriz quanto nos bioclastos
<i>Caulostrepsis cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Perfurações em bioclastos inteiros e fragmentados
<i>Entobia cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Alto grau de colonização
<i>Trypanites solitarius</i>	Endolitozoário - Domichnia	Raro
Forma meandrante	Epiesqueletozoário/ endoesqueletozoário – Fixichnia/Domichnia	Ocorre na face interna de um gastrópode

Duas paleoicnocenoses podem ser individualizadas. Uma compreende a colonização que pode ter sido iniciada com os hospedeiros ainda vivos e é representada pela forma incrustante, resultante da atividade de briozoários ctenostomados, *Leptichnus*, seguida da colonização por vermes (*Caulostrepsis*). Em seguida aparece a colonização *post-mortem* por cirrípedes acrotorácicos e a colonização extrema por esponjas Clionaidae (*Rogerella-Entobia*). Esta paleoicnocenose pode ser denominada por seus extremos *Leptichnus-Entobia*.

A outra paleoicnocenose é representada pela colonização indiscriminada pós-litificação por bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*) e por vermes (*Trypanites*) com alguma dúvida pela forma meandrante, provavelmente associada a uma atividade de verme com a matriz já consolidada ou em vias de consolidação. O binômio *Gastrochaenolites-Trypanites* serve para denominar esta paleoicnocenose.

VI.1.3. Iconoassembléias de Fazenda Garapu (Formação Itamaracá)

Os arenitos calcíferos da Fazenda Garapu compreendem duas icnoassembléias. Uma é composta pelos seguintes iconotáxons: *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley;

Rogerella elliptica (Codez), *Entobia cretacea* Portlock e *Trypanites solitarius* (Hagenow). A outra compreende: *Maeandropolydora* isp., *Rogerella elliptica* (Codez) e *Oichnus* isp.

O grau de bioerosão desta icnoassembléia da camada inferior é moderado e as formas de colonização são indicadas na tabela 13.

Tabela 13. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia 1 de Garapu.

Iconotaxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Leptichnus peristroma</i>	Epiesqueletozoário – Fixichnia	Incrustações muito restritas, na face externa de bivalves
<i>Rogerella elliptica</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Infestações significativas nas faces internas e externas, especialmente nas charneiras de bivalves
<i>Entobia cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Grau moderado de colonização
<i>Trypanites solitarius</i>	Endolitozoário - Domichnia	Raro

A paleoicnocenose é representada pela ação incrustante (*Leptichnus*), seguida por colonização por cirrípedes acrotorácicos e esponjas Clionaidae (*Rogerella-Entobia*) e finalmente pela colonização do substrato consolidado por vermes (*Trypanites*).

Na camada superior o grau de bioerosão é muito intenso e a colonização está classificada na Tabela 14.

Tabela 14. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia 2 de Garapú.

Iconotaxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Maeandropolydora</i> isp.	Endoesqueletozoário - Domichnia	Muito intensa em praticamente todos os bioclastos
<i>Rogerella elliptica</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Infestações significativas nas faces internas e externas especialmente de bivalves
<i>Oichnus</i> isp.	Endozoozoário - Praedichnia	Raro

A paleoicnocenose pode ser caracterizada pela ação predatória (*Oichnus*), seguida por colonização por vermes e cirrípedes (*Maeandropolydora-Rogerella*).

VI.1.4. ICNOASSEMBLÉIA DE FAZENDA ALEXANDRINA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)

A icnoassembléia de Árvore Alta é composta pelos seguintes icnotáxons: *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley; *Rogerella elliptica* (Codez); *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley; *Caulostrepsis cretacea* (Voigt); *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro; *Entobia cretacea* Portlock; *Entobia* isp. A, *Trypanites solitarius* (Hagenow) e forma meandrante Problematica 2.

O grau de bioerosão é intenso e as formas de colonização são indicadas na Tabela 15.

Tabela 15. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de Fazenda Alexandrina.

ICNOTÁXON	CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA (TAYLOR & WILSON, 2002) E ETOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS DA COLONIZAÇÃO
<i>Leptichnus peristroma</i>	Epiesqueletozoário – Fixichnia	Incrustações muito restritas, na face externa de bivalves
<i>Rogerella elliptica</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Infestações significativas nas faces internas e externas especialmente de bivalves
<i>Gastrochaenolites lapidicus</i>	Endolitozoário/endoesqueletozoário – Domichnia	Perfurações tanto na matriz quanto nos bioclastos
<i>Trypanites solitarius</i>	Endolitozoário - Domichnia	Raro
<i>Caulostrepsis cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Perfurações em bioclastos inteiros e fragmentados
<i>Maeandropolydora elegans</i>	Endoesqueletozoário - Domichnia	Perfurações em bioclastos inteiros e fragmentos
<i>Entobia cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Alto grau de colonização
<i>Entobia</i> isp.	Endoesqueletozoário – Domichnia	Em valva recristalizada de <i>Pycnodonte</i>
forma meandrante	Epiesqueletozoário/ endoesqueletozoário – Fixichnia/Domichnia	Ocorre na face interna de um gastrópode

Duas paleoicnocenoses podem ser individualizadas. Uma compreende a colonização que pode ter sido iniciada com os hospedeiros ainda vivos e é representada pela forma incrustante, resultante da atividade de briozoários ctenostomados, *Leptichnus*, seguida da colonização por *Caulostrepsis* e *Maeandropolydora*. Em seguida aparece a colonização *post-mortem* por cirrípedes acrotorácicos e a colonização extrema por esponjas Clionaidae (*Rogerella-Entobia*). Esta paleoicnocenose pode ser denominada por seus extremos *Leptichnus-Entobia*.

A outra paleoicnocenose é representada pela colonização indiscriminada pós-litificação por bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*), acompanhada pelas perfurações de vermes (*Trypanites*) e com alguma dúvida pela forma meandrante provavelmente

associada a uma atividade de verme com a matriz já consolidada ou em vias de consolidação.

VI.1.5. ICNOASSEMBLÉIAS DA PEDREIRA POTY (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

Poucos vestígios de bioerosão foram documentados nos calcários margosos da pedreira Poty. Uma camada forneceu um exemplar de cefalópode com intensa bioerosão, exibindo *Entobia megastoma* (Fisher); *Entobia magna* Bromley & D'Alessandro; e *Caulostrepsis cretacea* (Voigt); *Caulostrepsis taenicola* Clarke. Outra camada forneceu um molde interno de gastrópode com *Vermiforichnus* isp. e das camadas superiores um exemplar de bivalve com *Oichnus simplex* Bromley (Tab. 16).

Tabela 16. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléias da pedreira Poty.

Iconotaxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Caulostrepsis cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Perfurações em bioclastos inteiros e fragmentados
<i>Caulostrepsis taenicola</i>	Endoesqueletozoário - Domichnia	Perfurações em bioclastos inteiros e fragmentos
<i>Entobia megastoma</i>		
<i>Entobia magna</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Em valva recristalizada de <i>Pycnodonte</i>
<i>Ochnus simplex</i>	Endozoozoário - Praedichnia	Estrutura de predação em bivalve

Apesar da falta de controle stratigráfico das amostras, considera-se aqui uma única paleicnocenose geral, iniciada pela ação predatória (*Oichnus*) e pela subsequente colonização por vermes (*Vermiforichnus*, *Caulostrepsis*) e esponjas (*Entobia*). Os extremos de colonização servem para denominar a paleicnocenose da Poty: *Oichnus-Entobia*.

VI.1.6. ICNOASSEMBLÉIA DA LOCALIDADE DE PRAIA DE CONCEIÇÃO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

A icnoassembléia de praia de Conceição compreende vestígios de bioerosão em apenas uma amostra, um molde interno de gastrópode, com *Leptichnus* isp. e *Maeandropolydora sulcans* Voigt (Tab. 17).

Tabela 17. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de Conceição.

Iconotáxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Leptichnus</i> isp.	Epiesqueletozoário – Fixichnia	Incrustação
<i>Maeandropolydora sulcans</i>	Endoesqueletozoário - Domichnia	Perfuração profunda

A paleoicnocenose representa uma colonização inicial por briozoários ctenostomados (*Leptichnus*), seguida por ataque de verme Polychaeta (*Maeandropolydora sulcans*).

VI.1.7. Iconoassembléia da localidade de praia de Jaguaribe (Formação Maria Farinha)

A icnoassembléia de praia de Jaguaribe compreende *Entobia* isp. e *Gastrochaenolites* isp., sendo o primeiro iconotáxon ocorrendo em restos conchíferos e o segundo em crostas de algas vermelhas (Tab. 18)

Tabela 18. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia da praia de Jaguaribe.

Iconotáxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Entobia</i> isp.	Endoesqueletozoário - Domichnia	Colonização significativa e senil
<i>Gastrochaenolites</i>	Endolitozoário - Domichnia	Perfurações indiscriminadas em crostas de algas

Esta paleoicnocenose é representada por um momento de infestação dos substratos conchíferos por algas Clionidae e após a litificação do calcário e formação das crostas de algas, ataque por bivalves litófagos.

No que tange à ocorrência de *Gastrochaenolites*, uma situação semelhante foi observada nos calcários que ocorrem na praia de Ponta de Pedras.

VI.1.8. Iconoassembléias da localidade de São Bento (Formação Maria Farinha)

A icnoassembléia de São Bento revela intensos eventos de bioerosão e compreende os seguintes iconotáxons: *Trypanites fimbriatus* (Stephenson); *Vermiforichnus* isp.; *Caulostrepsis taenicola* Clarke; *Caulostrepsis cretacea* (Voigt); *Maeandropolydora elegans* Bromley &

D'Alessandro; *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro; *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro; *Entobia megastoma* (Fisher) (Tab. 19).

Tabela 19. Classificação ecológica e características da colonização da icnoassembléia de São Bento.

Iconotaxon	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Trypanites fimbriatus</i>	Endoesqueletozoário* – Domichnia	Muito intensa em fragmentos conchíferos
<i>Vermiforichnus</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Significativa
<i>Caulostrepsis taenicola</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Intensa
<i>Caulostrepsis cretacea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Intensa
<i>Maeandropolydora elegans</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Inensa
<i>Entobia cateniformis</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Intensa
<i>Entobia laquea</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Intensa
<i>Entobia megastoma</i>	Endoesqueletozoário – Domichnia	Intensa

* hábito local

Na localidade de São Bento, se misturam duas paleicnocenos. Uma é representada pela intensa infestação de vermes em fragmentos conchíferos alóctones (*Trypanites*) e outra representada por *Vermiforichnus-Caulostrepsis-Maeandropolydora-Entobia*, nos fragmentos conchíferos maiores e valvas e conchas inteiras de caráter autóctone ou pouco mobilizados.

VI.1.9. Iconoassembléias das localidades de Carapibus e Tambaba (Formação Maria Farinha)

As localidades de Carapibus, Tambaba e, em menor expressão, Coqueirinhos, guardam a mais significativa icnoassembléia da Bacia da Paraíba, representada em conjunto pelos seguintes iconotaxons: *Renichnus* isp.; *Rogerella pattei* (Saint-Seine); *Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley; *Lapispecus* isp.; *Conchotrema canna* (Price); *Caulostrepsis taenicola* Clarke; *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro; *Maeandropolydora sulcans* Voigt, *Cunctichnus* isp.; *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro; *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro; *Entobia paradoxa* (Fisher); *Entobia gonioides* Bromley & Asgaard; *Entobia volzi* Bromley & D'Alessandro; *Entobia glomerata* (Morris); *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro; *Entobia* isp. C e Morfotipo A. (Tab. 20).

Tabela 20. Classificação ecológica e características da colonização das icnoassembléias de Carapibus e Tambaba.

Ícnotáxons	Classificação ecológica (Taylor & Wilson, 2002) e etológica	Características da colonização
<i>Renichnus</i> isp.	Epilitoatório/Epiesqueletoatório - Fixichnia	Em crostas de algas
<i>Rogerella pattei</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Faces internas e externas de bivalves
<i>Gastrochaenolites torpedo</i>	Endolitoatório - Domichnia	Indiscriminada em calcário, crostas de algas e corais e conchas
<i>Lapispecus</i> isp.	Endoesqueletoatório – Domichnia	Em bivalves
<i>Conchotrema canna</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Em bivalves
<i>Caulostrepsis taenicola</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Em conchas
<i>Maeandropolydora elegans</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Em conchas
<i>Maeandropolydora sulcans</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Em conchas
<i>Cunctichnus</i> isp.	Endoesqueletoatório – Domichnia	Em conchas
<i>Entobia cateniformis</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Intensa principalmente em bivalves
<i>Entobia laquea</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Intensa principalmente em bivalves
<i>Entobia paradoxa</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Intensa principalmente em bivalves
<i>Entobia gonioides</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Intensa principalmente em bivalves
<i>Entobia volzi</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Rara, em bivalves
<i>Entobia glomerata</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Intensa principalmente em bivalves
<i>Entobia ovula</i>	Endoesqueletoatório – Domichnia	Intensa principalmente em bivalves
<i>Entobia</i> isp. C	Endoesqueletoatório – Domichnia	Rara, em bivalves
Morfotipo A	Endoesqueletoatório – Domichnia	Especialmente em <i>Ostrea</i>

Duas paleoicnocenoses podem ser caracterizadas nos calcários recifais de Tambaba e Carapibus. Uma paleoicnocenose é representada por colonizações em restos conchíferos acumulados entre as colônias de corais e algas, cujas vítimas são especialmente bivalves da epifauna bissada e gastrópodes tipicamente pastadores e cimentados de recifes, arrancados e acumulados. Colonizações por vermes (icnogêneros *Lapispecus*, *Conchotrema*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*) associados a galerias mais largas (*Cunctichnus* e Morfotipo A), são seguidas por ataques massivos e senis por cirrípedes e esponjas (*Rogerella* e *Entobia*). Ataque posterior é representado por perfurações pós-litificação por bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*).

Outra paleoicnocenose é caracterizada pelo ambiente incrustante das esteiras de algas e corais. Neste cenário a colonização endoesqueletobionte é bem menos intensa e interrompida pela incrustação. Estruturas de fixação são representadas por *Renichnus* e é extremamente intensa a ação perfurante de *Lithophaga* (icnogênero *Gastrochaenolites*)

VI.2. ICNOFÁCIES A PARTIR DE ICNOASSOCIAÇÕES DE BIOEROSÃO NA BACIA DA PARAÍBA

VI.2.1. Definindo icnofácies para associações de substratos consolidados

Savrda (2007) dividiu os substratos consolidados em substratos firmes (*firmgrounds*) e substratos duros (*hardgrounds*) de acordo com os processos que geram seus desenvolvimentos. Os *firmgrounds* são substratos firmes, mas não litificados, gerados por cimentação sindeposicional incipiente de carbonatos, durante períodos deposicionais de transição e/ou não deposição, ou gerados por exumação de lamas compactadas. As assembléias de *firmgrounds* são heterogêneas e correspondem à icnofácies Glossifungites, com *Thalassinoides* (de crustáceos), *Gastrochaenolites* (de bivalves) e *Arenicolites* (de vermes). Já os *hardgrounds* incluem os substratos consolidados propriamente ditos, formados por cimentação sindeposicional de carbonatos no fundo oceânico, bem como os substratos rochosos (*rockgrounds*), que são substratos litificados e exumados. A icnofácies Trypanites caracteriza estes ambientes e a assembléia é caracterizada pelo controle do substrato, condições ambientais, idade geológica e tempo de permanência na chamada janela aberta de colonização (Bromley, 1994). A assembléia de substratos duros inclui formas superficiais (*Gnatichnus* e *Radulichnus*) e mais profundas (*Entobia* e *Gastrochaenolites*).

MacEachenn *et al.* (2007) afirmaram que a icnofácies Trypanites se desenvolve em substratos litificados, como substratos duros de recifes, costas rochosas, rochas praias e outras superfícies de omissão.

No tópico referente à aplicação das estruturas de bioerosão na definição de icnofácies já foram apontados alguns problemas inerentes ao uso de icnogêneros de bioerosão, especialmente *Trypanites*, na identificação de icnofácies homônimas. Tais identificações envolvem questões de preservação das estruturas *in situ*, bem como a escala de observação. Mais precisamente, isto significa que a simples presença deste icnogênero, bem como *Entobia* e *Gnatichnus* para as icnofácies Entobia e Gnatichnus, ou *Rogerella*, *Gastrochaenolites* e outros como suportes na definição de qualquer das três icnofácies, não pode ser tomada como pressuposto para a definição de tais icnofácies. Todas dependem da análise de como e onde ocorreu a colonização. Por exemplo, a presença de *Trypanites* em restos conchíferos retrabalhados não configura um substrato duro ou superfície de omissão, o que somente seria

diretamente inferido se as galerias tivessem sido perfuradas diretamente na matriz. Por outro lado, conceitualmente, uma icnofácies cuja icnoassembléia não contém *Trypanites*, mas é composta por outras estruturas endolíticas, pode configurar um substrato consolidado e, portanto, a icnofácies *Trypanites*. O mesmo comportamento vale para *Gastrochaenolites*. Bromley & Asgaard (1991) ressaltaram que a cimentação *in situ* de substratos tem efeitos profundos no endobentos e a icnofácies *Trypanites* é, portanto, bem definida para este caso. Acrescentam que o mesmo pode ser dito de pavimentos de conchas, quando formam unidades sedimentares e substratos ideais para a comunidade bioerodente. No entanto, chamam a atenção para o fato de que nos limites laterais de um substrato duro, pavimento de conchas, uma acumulação de rodolito ou de concreções, o substrato se desintegra em concreções, conchas, bolas de algas ou clastos isolados na transição para um substrato inconsolidado. Os autores concluíram, lembrando que como uma concreção isolada não pode ser considerada um substrato duro, os fósseis traços em seu interior não podem caracterizar a icnofácies *Trypanites*. Sendo assim, as icnofácies *Entobia* e *Gnatichnus* têm um caráter mais ligado às características da paleoicnocenose e, portanto, expressão das inter-relações entre os organismos. Este fato foi discutido por Wilson (2007), que sugeriu, inclusive, o uso da icnofácies *Trypanites* no sentido clássico e mais amplo do conceito de fácies e *Entobia* e *Gnatichnus* como expressões de icnocenoses.

Barbosa *et al.* (2006), basearam-se nos icnogêneros *Entobia*, *Gastrochaenolites*, *Rogerella*, *Trypanites* e *Caulostrepsis*, identificados por Almeida (2000) nos calcários recifais de Tambaba e Coqueirinhos e *Ophiomorpha* (identificado por Almeida *op. cit.*) nas camadas lagunares de Tabatinga), além de *Planolites*, por eles incluído, identificaram com dúvida a icnofácies *Trypanites* para a chamada Formação Maria Farinha superior. Os autores trataram as estruturas de bioturbação e bioerosão conjuntamente, na tentativa de identificação da icnofácies, extrapolando seus parâmetros de definição. Além disso, deixaram de considerar se as estruturas se limitavam aos bioclastos ou às matrizes, apontando que somente estudos mais detalhados poderiam elucidar a questão em relação aos depósitos recifais. Isto serve para revelar que a simples definição de uma icnofácies que tome como base estruturas bioerosivas, sujeitas a retrabalhamentos, condicionamentos a substratos intraclásticos ou mesmo difíceis de quantificar e mapear, pode ser inócua para o detalhamento das inferências ambientais ou mesmo imprópria para a análise dos tratos de sistemas na ótica da Estratigrafia de Seqüências.

De acordo com Bromley (1994), a icnofácies *Trypanites* de Frey & Seilacher (1980) corresponde meramente a uma afirmação ecológica de um substrato litificado. Segundo ele, a icnofácies *Entobia* (Bromley & Asgaard, 1993b) pode ser usada como definição de ambientes

de substratos com bioerosão profunda e extensiva. A icnofácies *Entobia* pode ser tratada também como uma subdivisão da icnofácies *Trypanites*.

VI.2.2. As icnofácies identificadas para a Bacia da Paraíba

Tomando como pressuposto a discussão do tópico anterior, define-se aqui algumas icnofácies para as camadas que guardam icnoassembléias cujas características tafonômicas e ecológicas fornecem ferramentas úteis para tal aplicação. A característica de forma de ocorrência em relação matriz (intra ou extra-clasto), aliada ao caráter autóctone ou alóctone e às características da colonização, foram os fatores eleitos para as definições ora propostas.

Os arenitos calcíferos da Formação Itamaracá das localidades de engenho Amparo, Árvore Alta e Fazenda Alexandrina apresentam duas janelas de colonização: uma que diz respeito à colonização dos bioclastos (*Leptichnus*, *Rogerella*, *Entobia*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*) e outra à colonização da matriz consolidada, representada pelos perfurações de bivalves litófagos (icnogênero *Gastrochaenolites*) e de vermes (Icnogênero *Trypanites*). Esta segunda janela implica num substrato já consolidado e conseqüentemente configura a icnofácies *Trypanites* para as camadas. Por outro lado, sob a ótica dos bioclastos, ou seja, numa escala menor, pode-se classificar a acumulação na icnofácies (ou sub-icnofácies) *Entobia*. Já as margas da Formação Gramame sotopostas, dominadas por galerias horizontais de crustáceos, icnogênero *Thalassinoides*, recaem na icnofácies Cruziana.

Os calcários argilosos da Formação Maria Farinha da pedreira Poty são dominados por galerias horizontais de crustáceos, intercaladas com fases de taxa de sedimentação maior e galerias verticais, caracterizando a icnofácies Cruziana. Dentro desta seqüência os intervalos de taxa de deposição menor podem ter favorecido a colonização intra-clasto (*Entobia*, *Caulostrepsis*, *Oichus*), determinando pontualmente a icnofácies *Entobia*.

A seqüência de Ponta do Funil apresenta na base margas da Formação Gramame com intercalação de níveis mais pelíticos com galerias horizontais (*Thalassinoides*) e camadas mais carbonáticas com *Ophiomorpha nodosa*, caracterizando a icnofácies *Skolithos*. Um nível muito rico em fragmentos de conchas e nódulos carbonáticos marca a passagem Cretáceo-Paleógeno. Apenas vestígios indetermináveis de bioerosão intraclástica puderam ser observados nesta camada, sugerindo que possa representar o retrabalhamento de níveis de superfícies de omissão e possivelmente uma icnofácies *Entobia*. Já a camada basal da

Formação Maria Farinha nesta localidade, apresenta vestígios claros de bioerosão nos bioclastos, especialmente do icnogênero *Entobia*, caracterizando a icnofácies homônima.

A localidade de praia de Jaguaribe tem uma camada com *Gastrochaenolites* característica de substrato consolidado, neste caso, fundo bioconstruído por algas coralíneas e corais, recaindo no domínio da sub-icnofácies Entobia, assim como as porções onde a colonização se limitou aos bioclastos. Nos calcários aflorantes na praia de Ponta de Pedras, esta mesma icnofácies é representada por *Gastrochaenolithes*.

A camada de calcário rica em moldes de moluscos e com intensa atividade bioerosiva da pedreira São Bento tem seu acervo de estruturas bioerosivas (*Entobia*, *Caulostrepsis*, *Maeandropolydora*, *Vermiforichnus*, *Trypanites*) totalmente limitado aos bioclastos e, apesar da intensa presença de *Trypanites*, caracteriza uma icnofácies Entobia.

Os calcários recifais de Tambaba e Carapibus, bem como Coqueirinhos, representam com suas icnoassembléias de perfurações *in situ* por bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*) e icnoassembléia de ataque a bioclastos (*Entobia*, *Rogerella*, *Lapispecus*, *Caulostrepsis*, *Vermiforichnus*, *Cunctichnus*) a icnofácies Entobia.

CAPÍTULO

VII

ESTRATIGRAFIA E MODELOS PALEOAMBIENTAIS

VII.1. AMBIENTES DEPOSICIONAIS DE ÁRVORE ALTA, FAZENDA GARAPU E FAZENDA ALEXANDRINA (FORMAÇÃO ITAMARACÁ)

As localidades de Árvore Alta e fazendas Garapú e Alexandrina exibem os únicos afloramentos dos arenitos calcíferos do topo da Formação Itamaracá, fontes dos inúmeros fósseis que resultaram nas monografias de Maury (1930) e Muniz (1993) e chamadas pela primeira autora de “Zona *Roudairia*” e pelo segundo “calcarenitos cremes muitos fossilíferos”. Nas três localidades, os arenitos calcíferos formam um pacote exposto de até 7 m, sotopostos às margas que atualmente correspondem ao que se define como Formação Gramame (Barbosa *et al.*, 2003). A fauna destas camadas inclui muitas espécies de moluscos bivalves, gastópodes, cefalópodes, peixes e equinóides. As conchas que dominam esta fácies são frequentemente espessas, fato ressaltado por Muniz (1993) e por ele associado a um ambiente proximal de plataforma interna.

Neste trabalho foram identificados os seguintes fósseis da Formação Itamaracá na localidade de Árvore Alta: os bivalves *Veniella brasiliensis* (Maury), *Lopatinia (Pseudocucullaea) stantoni* (Maury), *Trigonarca jessupae* Maury, *Trigonarca isolda* (Maury), *Plicatula (Plicatula) parahybensis* Maury, *Sinonia paraibensis* Muniz, *Brasillicardium riogramamense* (Maury), *Mesocallista (Mesocallista) mauryae* Muniz, *Leptosolen paraibensis* Muniz, *Neithea (Neithea) latericostata* Muniz, *Granocardium (Criocardium) paraibense* Muniz, *Ostrea* sp.; e os gastrópodes *Fimbria beurlenii* Muniz, *Turritella* sp., *Euspira parahybensis* (Maury), *Turritella brunnhilda* Maury, *Keilostoma magna* Muniz. Já nas camadas da Formação Gramame (*sensu* Barbosa *et al.*, 2003), foram identificados: *Thalassinoides* isp. e *Hemiaster jacksoni* Maury (Figs.53 e 54).

Na localidade de Garapú foram identificados na Formação Itamaracá os bivalves: *Veniella brasiliensis* (Maury), *Trigonarca freia* (Maury), *Trigonarca jessupae* Maury, *Venericardia (Venericardia) marisaustralis* (Maury) e *Lopatinia (Pseudocucullaea) stantoni* (Maury). Na camadas da Formação Gramame foram identificados: *Thalassinoides* isp., coprólitos piritizados provavelmente de crocodilomorfos e quelônios, *Hemiaster jacksoni* Maury, *Cretolamna serrata* (Agassiz), *Hamulus* sp. (Fig. 55 e 56).

Na localidade de fazenda Alexandrina foram identificados na Formação Itamaracá: os bivalves *Trigonarca freia* (Maury), *Trigonarca isolda* (Maury), *Veniella brasiliensis* (Maury), *Brasilicardium riogramamense* (Maury), *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis* (Lamarck), *Lopatinia (Pseudocucullaea) stantoni* (Maury), o gastrópode *Pyropsis axiornata* Muniz, 1993 e o cefalópode *Gaudriceras brasiliensis* Muniz, 1993 (Fig. 57).



Figura 53. Vistas do afloramento de Árvore Alta na localidade conhecida como Volta da Pedra, município de Alhandra, Paraíba. A linha tracejada marca o contato entre as camadas de arenito calcífero (na base) da Formação Itamaracá com as margas da Formação Gramame.



Figura 54. Aspectos da pedreira da fazenda Garapú (A), exibindo as camadas de margas da Formação Gramame e B. detalhe do afloramento de arenito calcífero na mesma localidade. No solo resultante de decomposição dos arenitos calcíferos estão as conchas substituídas por calcário e extremamente bioerodidas.

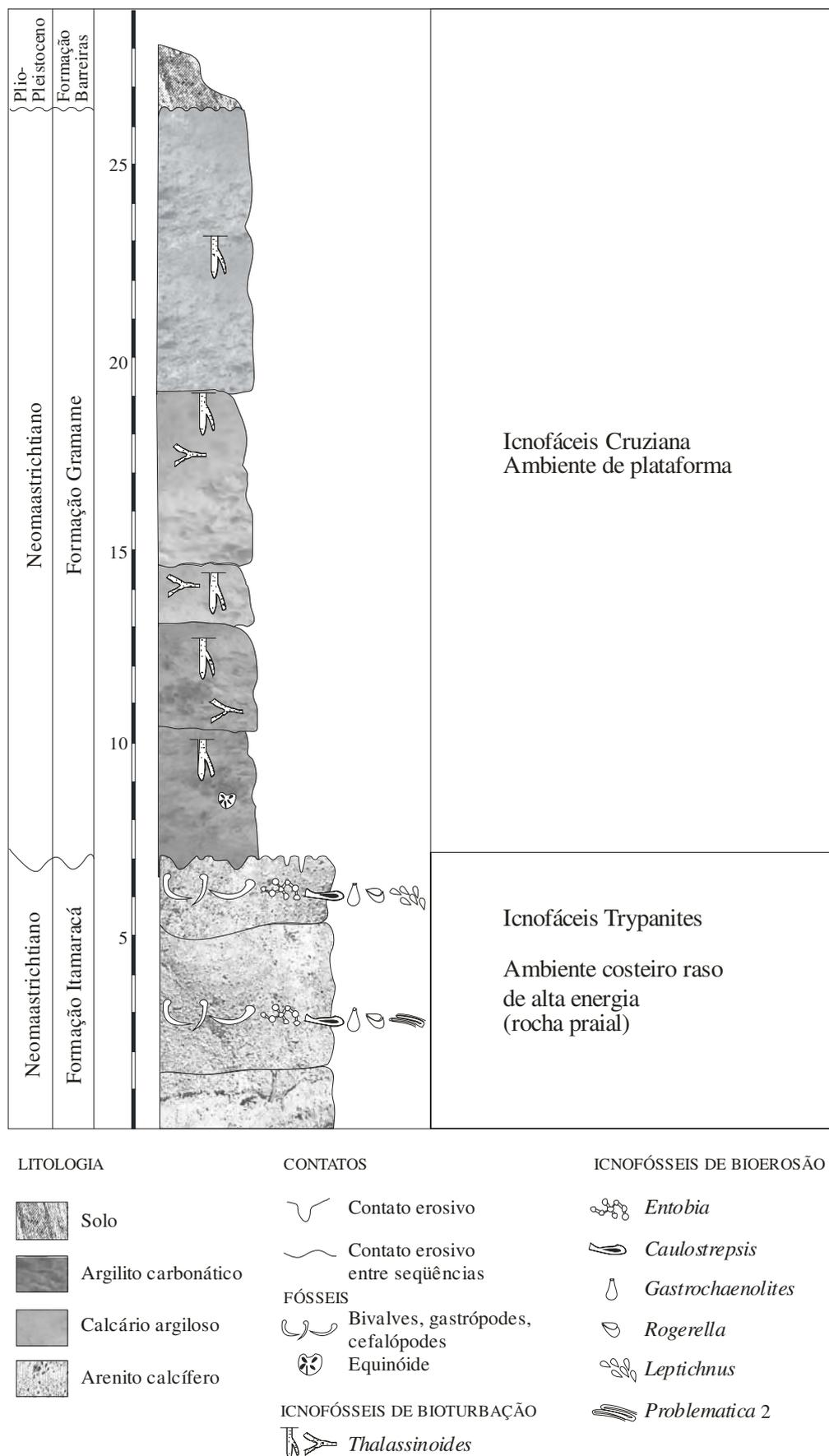


Figura 55. Perfil estratigráfico da localidade de Árvore Alta, Alhandra, Paraíba

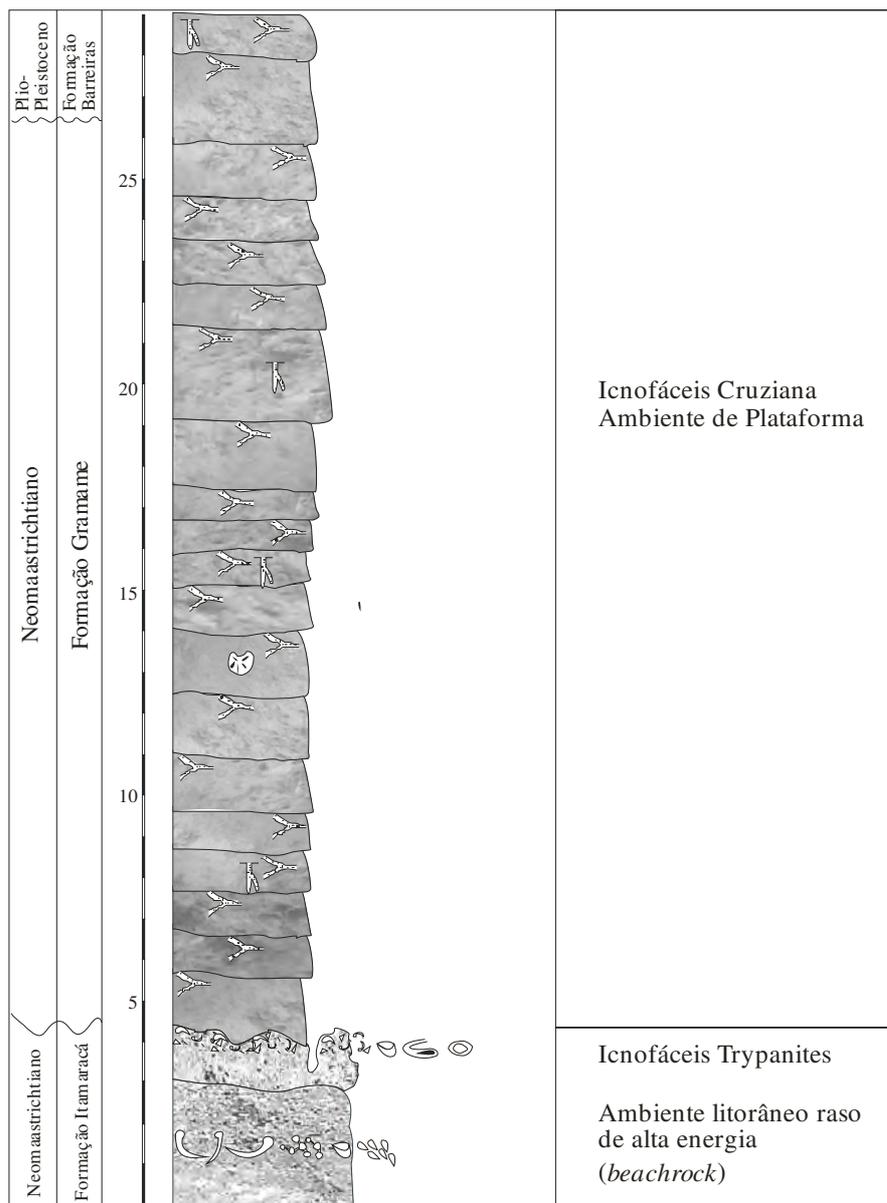
As icnoassembléias identificadas para os arenitos calcíferos pressupõem ambientes favoráveis a colonizações muito desenvolvidas. A icnoassembléia generalizada para as três localidades, exemplificada por seus extremos *Leptichnus-Entobia* sugere um ambiente que passou por um período significativo de baixa taxa de sedimentação. Segundo Bromley (1994), os anelídeos, vermes sipunculídeos e alguns bivalves podem suportar milímetros de sedimento, enquanto esponjas endolíticas são mais sensíveis. Como os bioclastos sofreram algum transporte, este momento de colonização pode ter se dado durante o acúmulo dos bioclastos sob a forma de pavimentos de conchas, posteriormente transportados, acumulados e cimentados para receber a colonização por bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*) e outros vermes (*Trypanites*). A icnocenose do topo das camadas de arenito calcífero de Garapú está limitada aos bioclastos e revela feições claras de transporte pós-colonização.

Nesse cenário, sugere-se um ambiente litorâneo raso e alta energia, com subsequente formação de substrato consolidado com bioclastos caóticos, areia e cimentação carbonática, configurando um *hardground* do tipo *beachrock* (icnofácies *Trypanites*) para os arenitos calcíferos. Ambiente semelhante é apenas sugerido para a ocorrência de engenho Amparo, em Pernambuco.

VII.2. AMBIENTES DEPOSICIONAIS NA PEDREIRA POTY (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

As inferências ambientais para a seqüência da pedreira Poty limitam-se ao que se pode obter através das estruturas de bioerosão. No entanto, as amostras estudadas foram selecionadas nas coleções do DEGEO-CTG-UFPE e não tem controle estratigráfico, servindo apenas de indicação da necessidade de estudos bioestratigráficos posteriores voltados para as icnocenoses.

A icnofácies *Entobia* sugerida para os níveis que guardam os bioclastos com bioerosão indica taxa de sedimentação baixa. Possivelmente a seqüência tem pelo menos um nível relacionado a uma superfície de omissão de substrato mais consolidado que as camadas tipicamente *softground*, ricas em bioturbação vertical. Um ambiente de baixa energia plataformar é sugerido para os níveis de bioclastos com bioerosão.



LITOLOGIA	CONTATOS	ICNOFÓSSEIS DE BIOEROSÃO
 Solo	 Contato erosivo	 <i>Entobia</i>
 Argilite carbonático	 Contato erosivo entre seqüências	 <i>Maeandropolydora</i>
 Calcário argiloso	FÓSSEIS	 <i>Gastrochaenolites</i>
 Arenito calcífero	 Bivalves, gastrópodes, cefalópodes	 <i>Rogerella</i>
	 Equinóide	 <i>Leptichnus</i>
	 Conchas substituídas	 <i>Problematica 2</i>
	ICNOFÓSSEIS DE BIOTURBAÇÃO	 <i>Oichnus</i>
	 <i>Thalassinoides</i>	

Figura 56. Perfil estratigráfico da localidade de fazenda Garapú, Alhandra, Paraíba.

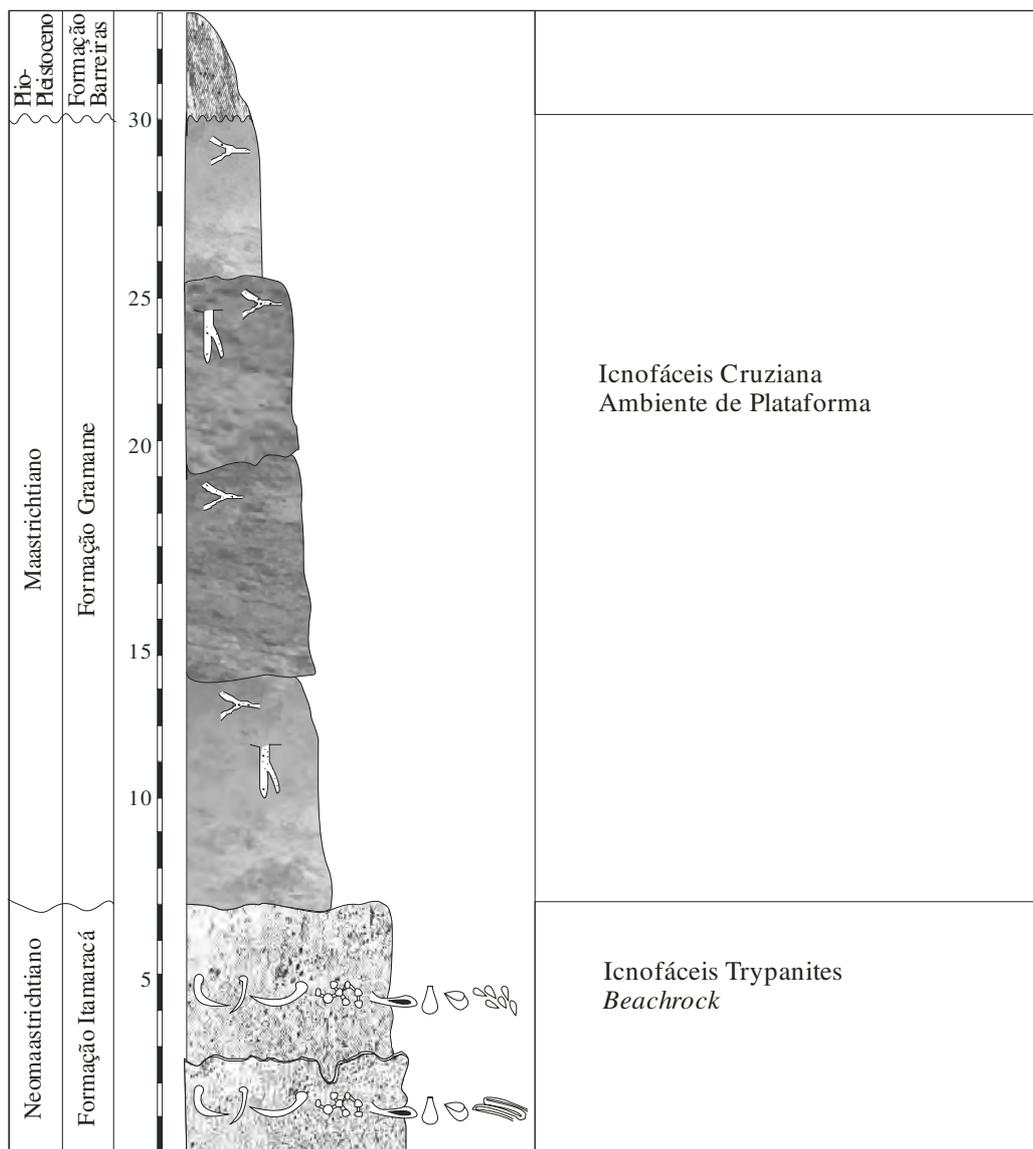


Figura 57. Perfil estratigráfico da pedra da fazenda Alexandrina, município do Conde, Paraíba.

VII.3. AMBIENTES DEPOSICIONAIS EM PONTA DO FUNIL

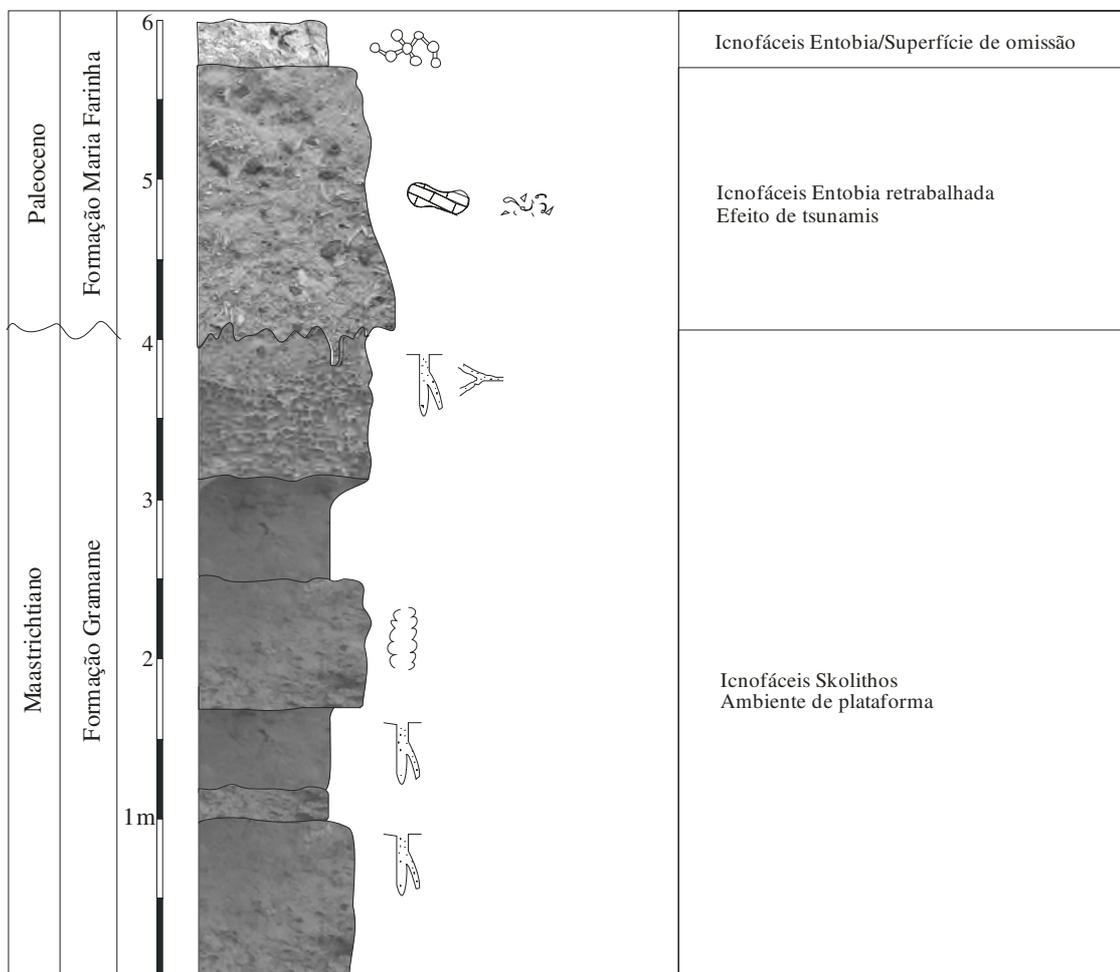
A seqüência exposta na falésia de Ponta do Funil, exhibe na base as margas do topo da Formação Gramame, com níveis mais argilosos intercalados com níveis mais carbonáticos. Camadas com *Ophiomorpha nodosa* Lundgren se intercalam com níveis de *Thalassinoides* isp.. Foram identificados também o gastrópode *Cerithium* sp., o equinóide *Hemiaster jacksoni* Maury, o tubo de verme *Hamulus onyx* Morton e o peixe *Cretolamna serrata* (Agassiz). A icnofácies Skolithos caracteriza a seqüência de margas e indica um ambiente plataformal.

Uma camada bastante peculiar separa esta seqüência de margas através de contato erosivo da seqüência basal da Formação Maria Farinha. Trata-se de um pacote de cerca de aproximadamente 60 cm, rico em bioclastos fragmentados e nódulos carbonáticos retrabalhados. Esta camada foi alvo de estudos detalhados levados a cabo por Albertão (1993), que a associou a um evento de *tsunamis* que marcou a passagem Cretáceo-Paleógeno. Alguns vestígios de bioerosão difíceis de identificar podem ser notados em alguns bioclastos desta camada, que merece estudo neste sentido. Possivelmente representa pavimentos de conchas retrabalhados.

A Formação Maria Farinha está representada por uma camada rica em moldes de moluscos, principalmente *Cardita morganiana* (Rathbun) e *Serratocerithium buarquianum* (White), com vestígios de bioerosão, semelhante a alguns aspectos da localidade de praia de Jaguaribe em sua porção autóctone-paraautóctone. Porém, nesta localidade, a fragmentação maior e a biofábrica com mais matriz sugere um retrabalhamento e transporte maior. O ambiente, assim como na Poty, deve ter propiciado uma janela de colonização e, possivelmente, superfície de omissão em ambiente de plataforma (Figs. 58 e 59).

VII.4. AMBIENTES DEPOSICIONAIS NA PEDREIRA SÃO BENTO (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

A camada que guarda os moldes de moluscos com bioerosão na antiga pedreira de São Bento tem cerca de 25 cm de espessura. A atividade bioerosiva, limitada aos bioclastos, é extremamente significativa e está presente na maioria dos bioclastos, revelando uma janela de colonização longa e sob condições muito favoráveis. Como a assembléia é paraautóctone-alóctone, supõe-se que a acumulação represente um depósito resultante de retrabalhamento de superfície de omissão em ambiente de plataforma rasa (Fig. 60).



LITOLOGIA

-  Calcário com moldes de moluscos
-  Brecha carbonática
-  Calcário argiloso

CONTATOS

-  Contato erosivo entre seqüências

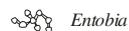
FÓSSEIS



ICNOFÓSSEIS DE BIOTURBAÇÃO



ICNOFÓSSEIS DE BIOEROSÃO



ESTRUTURAS



Figura 58. Perfil estratigráfico da localidade de Ponta do Funil, Pernambuco.

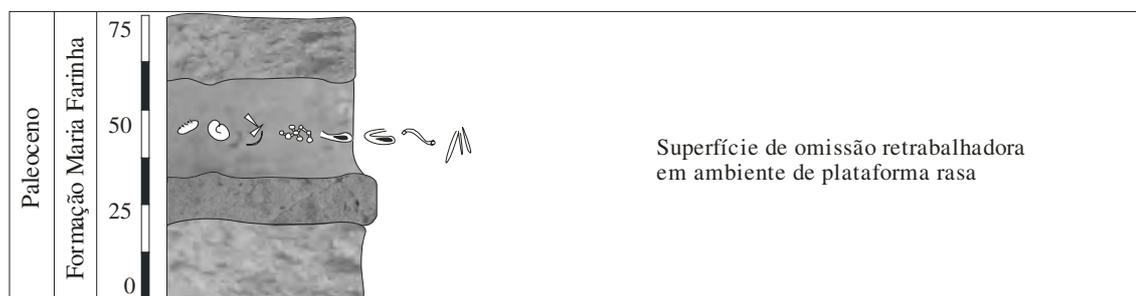


Figura 59. Vistas do afloramento da localidade de Ponta do Funil, Pernambuco. Na fotografia inferior, vista das camadas de calcário argiloso bioturbadas (*Ophiomorpha* e *Thalassinoides*) da Formação Gramame; Na fotografia maior, contato da Formação Gramame com Maria Farinha, com destaque para a camada que marca a passagem Cretáceo-Terciário (K-T), marcada por brecha conquífera e de nódulos carbonáticos (detalhe); detalhe superior, calcário com moldes de moluscos com vestígios de bioerosão (*Entobia*).

VII.5. AMBIENTES DEPOSICIONAIS DAS CAMADAS DA PRAIA DE JAGUARIBE E PONTA DE PEDRAS (FORMAÇÃO MARIA FARINHA)

As localidades de praia de Jaguaribe e Ponta de Pedras exibem níveis com crostas de algas *Archaeolithothamnium* e restos de colônias de corais, intensamente atacados por *Lithophaga* sp., sugerindo um ambiente recifal (icnofácies *Entobia*).

Nas porções entre as colônias de algas e corais, foram identificados os bivalves *Cardita morganiana* (Rathbun) e *Lithophaga (Lithophaga)* sp. e os gastópodes *Serratocerithium buarquianum* (White), *Nerita (Nerita) exuberata* (White) e *Cerithium pedroanum* var. *isabellae* White. O ambiente deve ter correspondido a cavidades e partes ante-recifais. Nas camadas argilosas foi identificado o icnogênero *Thalassinoides*, correspondendo a um ambiente plataformal (Figs. 61 e 62).



LITOLOGIA

 Calcário argiloso

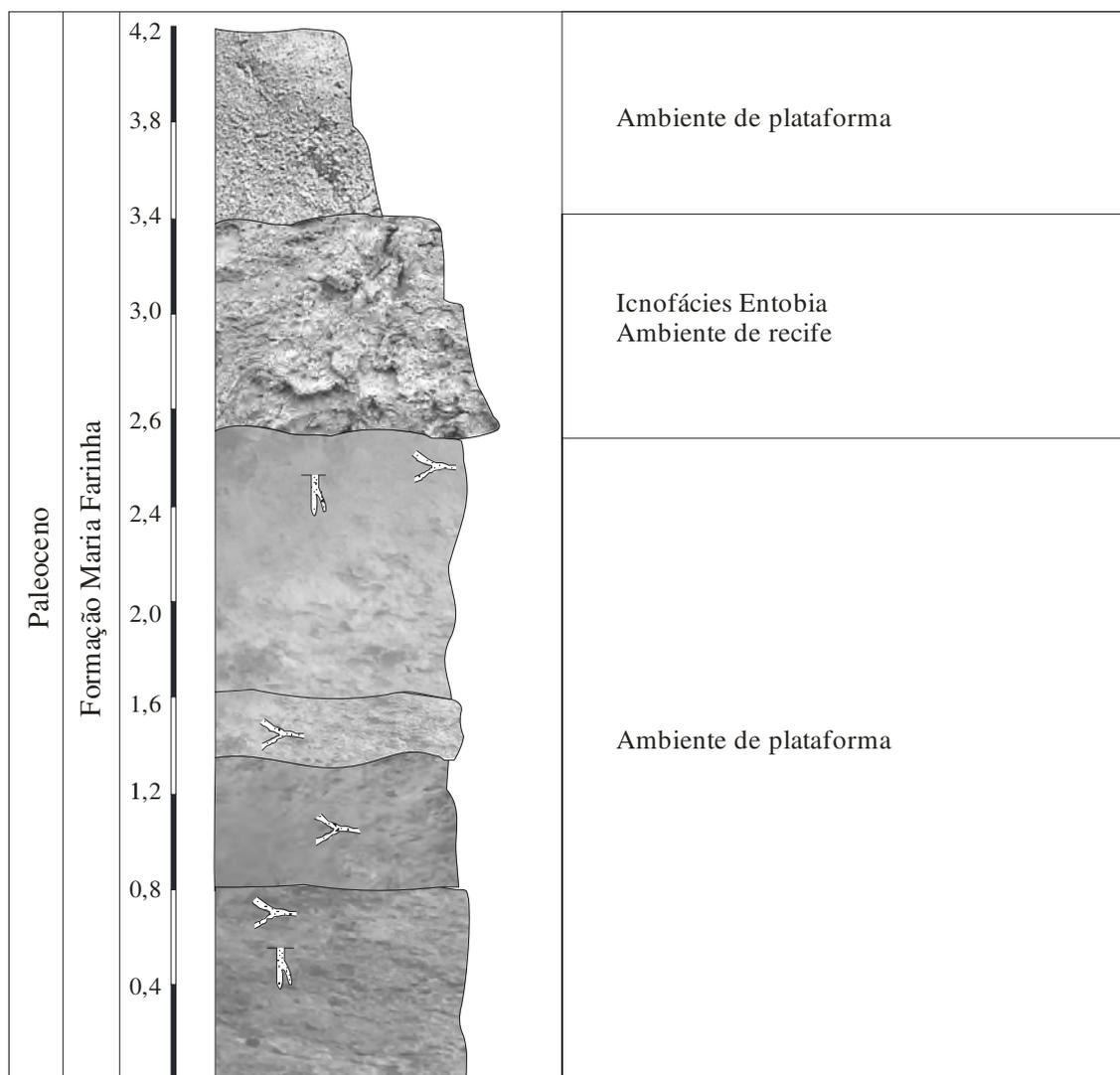
FÓSSEIS

 Bivalves
 Gastrópodes
 Fragmentos de conchas

ICNOFÓSSEIS DE BIOEROSÃO

 *Entobia*
 *Caulostrespsis*
 *Maeandropolydora*
 *Vermiforichnus*
 *Trypanites*

Figura 60. Perfil estratigráfico da pedreira São Bento, Pernambuco.



LITOLOGIA

-  Calcário
-  Calcário recifal
-  Calcário argiloso

FÓSSEIS

-  *Lithophaga/algas/corais*
-  *Serratocerithium*
-  Bivalves

ICNOFÓSSEIS DE BIOEROSÃO

-  *Entobia*
-  *Gastrochaenolites*

ICNOFÓSSEIS DE BIOTURBAÇÃO

-  *Thalassinoides*

Figura 61. Perfil estratigráfico da localidade de praia de Jaguaribe, ilha de Itamaracá, Pernambuco.



Figura 62. Vistas do afloramento de praia de Jaguaribe, exibindo as camadas recifais na faixa intermaré (com detalhe mostrando molde de *Serratocerithium buarquianum*) e camadas argilosas formando falésia.

VII.6. AMBIENTES DEPOSICIONAIS DAS CAMADAS DE CARAPIBÚS, TAMBABA E COQUEIRINHOS (FORMAÇÃO MARIA FARINHA SUPERIOR)

Os afloramentos de Carapibús, Tambaba e Coqueirinhos já foram alvo de estudo pelo autor desta tese (Almeida, 2000), que identificou um sistema de recife em franja com laguna, frente recifal, núcleo recifal e barras de areia (Figs. 63, 64 e 65).

As tabelas 21 e 22 servem para exemplificar as características ambientais dos calcários destas localidades através dos hábitos e distribuição dos bivalves.

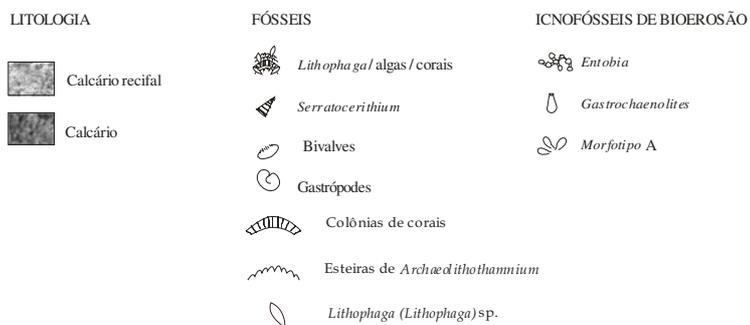
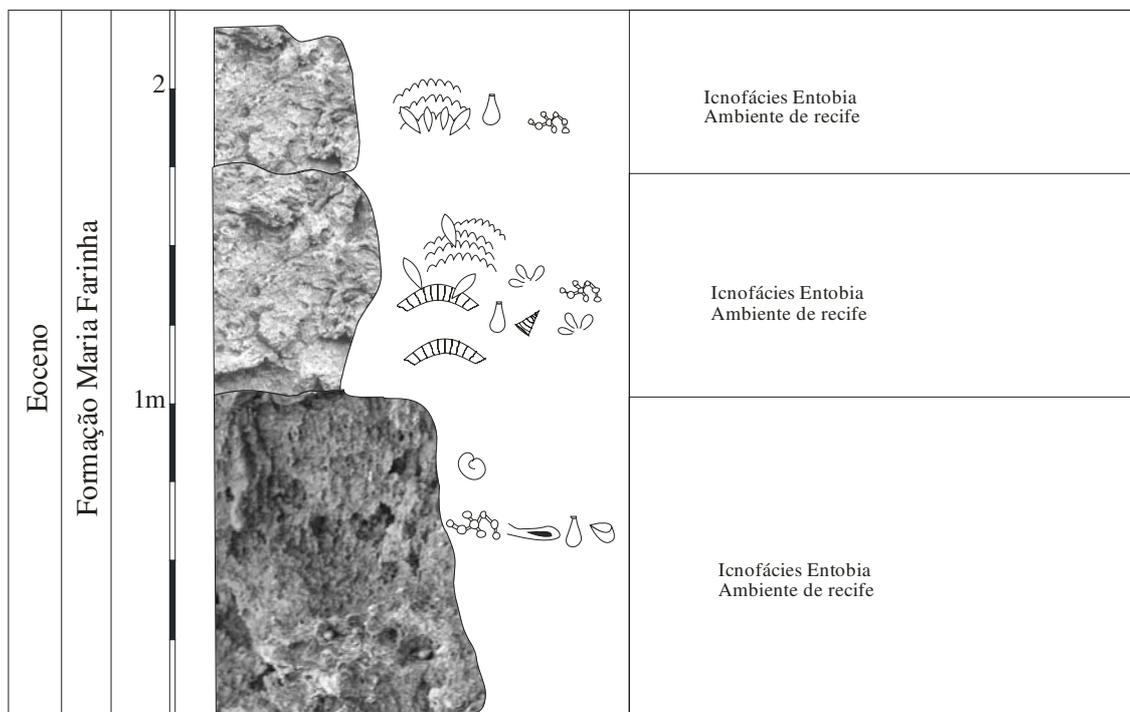
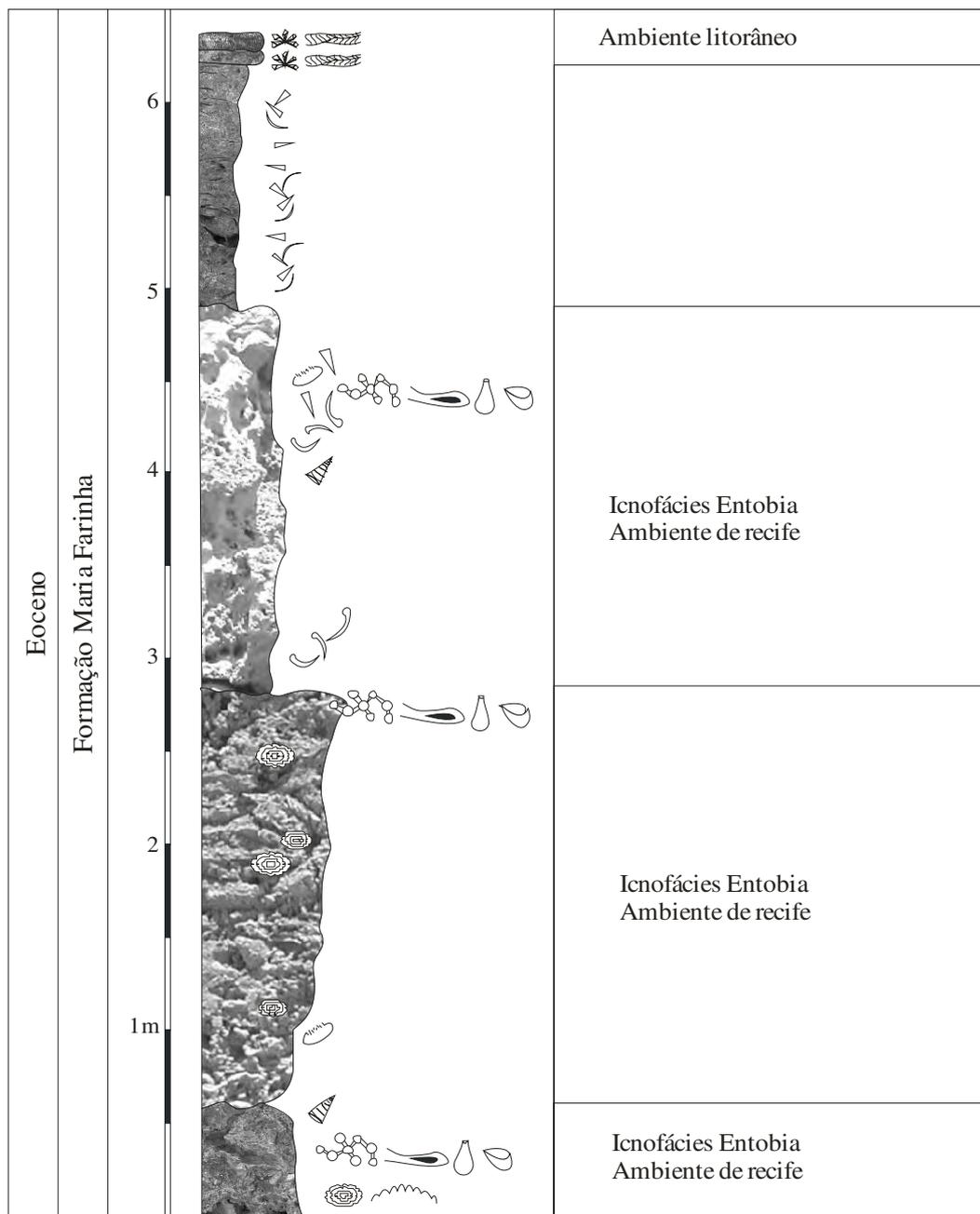


Figura 63. Perfil estratigráfico do afloramento da praia de Carapibús, Conde, Paraíba.



LITOLOGIA

- Calcário recifal
- Calcário

ESTRUTURAS

- Molde de sal
- Estratificação cruzada

FÓSSEIS

- Lithophaga / algas / corais*
- Serratoerithium*
- Bivalves
- Gastrópodes
- Rodolito
- Archaeolithothamnium*
- Fragmentos de conchas

ICNOFÓSSEIS DE BIOEROSÃO

- Entobia*
- Gastrochaenolites*
- Morfotipo A
- Lapispechus*
- Cunctichnus*
- Conchotrema*
- Caulostrepsis*
- Rogerella*
- Maeandropolydora*

Figura 64. Perfil estratigráfico da localidade de praia de Tambaba, Conde, Paraíba.

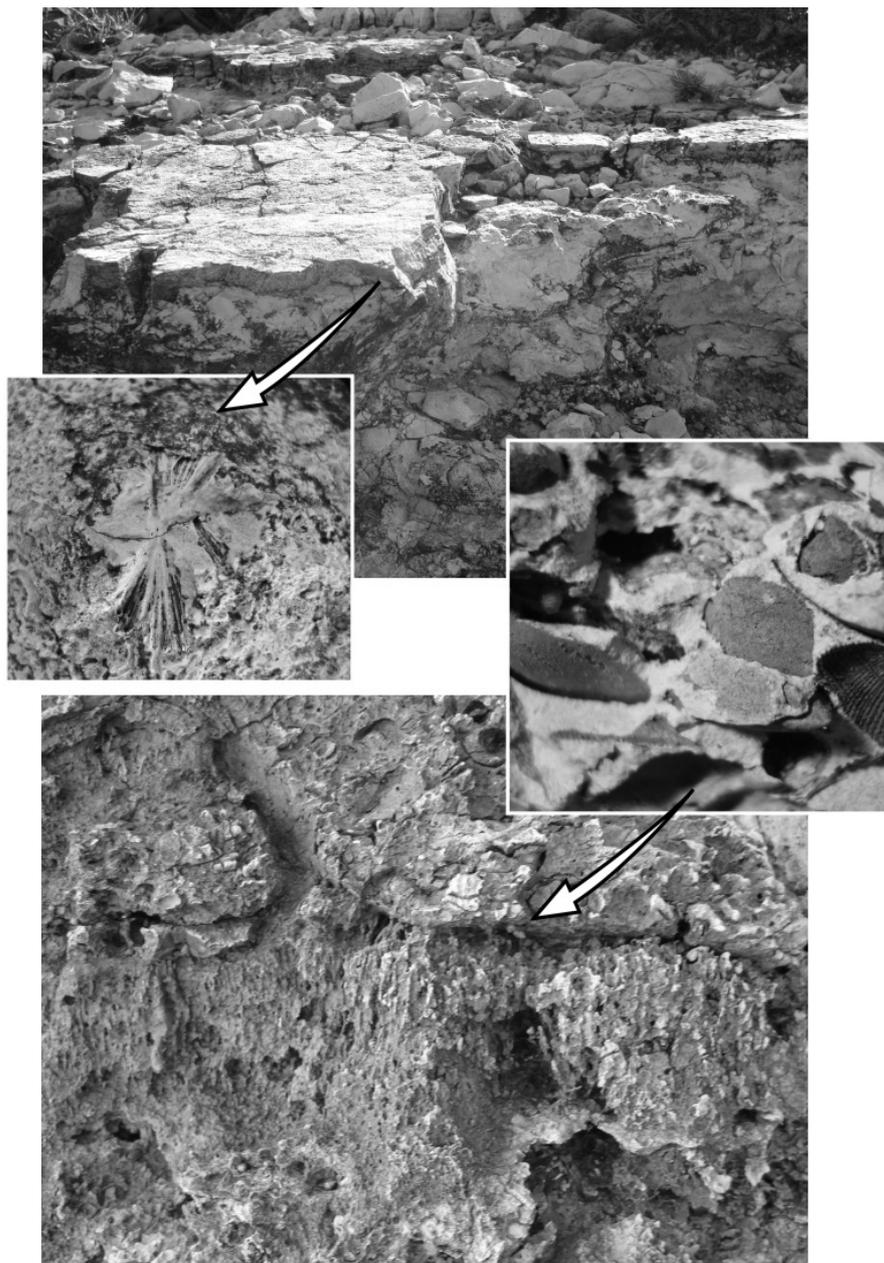


Figura 65. Vistas do afloramento de praia de Tambaba, Conde, Paraíba, exibindo aspectos dos calcários recifais da Formação Maria Farinha superior. Na base, colônias de corais e algas coralíneas com detalhe de calcário com bioclastos em arcabouço caótico; no topo, arenito-pelito carbonático com estratificação cruzada e moldes de sal encerram a seqüência.

As duas icnoassembléias ora descritas, uma relacionada às acumulações de conchas nas cavidades de núcleo recifal e a outra ligada aos substratos bioconstruídos por algas coralíneas e corais corroboram com as inferências de Almeida (2000), revelando janelas de colonização importantes em ambientes rasos e de baixa taxa de sedimentação.

Tabela. 21. Ecologia dos moluscos bivalves dos calcários das localidades de Tambaba, Carapibús e Coqueirinhos (Almeida, 2000)

Espécie	Hábito
<i>Barbatia (Acar) ssp.</i>	Epifauna (bissado aninhado preso por bisso)
<i>Arca (Arca) ssp.</i>	Epifauna (bissado aninhado preso por bisso)
<i>Atrina sp.</i>	Semi-Infaua (preso por bissus)
<i>Pteria invalida</i>	Epifauna (oscilante preso por bissus)
<i>Plicatula (Plicatula) sp.</i>	Epifauna (cimentado em substrato duro)
<i>Ostrea ssp.</i>	Epifauna (cimentado em substrato duro)
<i>Lucina (Lucina) tenella</i>	Infaua (escavante raso)
<i>Miltha (Miltha) tabatinguensis sp. nov.</i>	Infaua (escavante)
<i>Chama sp.</i>	Epifauna (cimentado em substrato duro)
<i>Lithophaga (Lithophaga) sp.</i>	Infaua (perfurador)
<i>Acanthocardia (Schedocardia) soaresanum</i>	Infaua (escavador vágil)

Tabela 22. Distribuição dos moluscos bivalves de acordo com a forma de ocorrência (assembléia) e respectivas inferências ambientais nos calcários de Tambaba, Carapibús e Coqueirinhos(Almeida, 2000).

Espécie	Assembléia (Kidwell <i>et al.</i> , 1986)	Ambiente
<i>Barbatia (Acar) ssp.</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Arca (Arca) ssp.</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Atrina sp.</i>	Paraautóctone-alóctone	Ante-recife
<i>Pteria invalida</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Plicatula (Plicatula) sp.</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Ostrea ssp.</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Lucina (Lucina) tenella</i>	Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Miltha (Miltha) tabatinguensis sp. nov.</i>	Autóctone/Paraautóctone	Laguna ante-recifal
<i>Lithophaga (Lithophaga) sp.</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal
<i>Acanthocardia (Schedocardia) soaresanum</i>	Paraautóctone-alóctone	Ante-recife
<i>Chama sp.</i>	Autóctone/Paraautóctone-autóctone	Núcleo recifal

CAPÍTULO

VIII

CONCLUSÕES

- O levantamento bibliográfico acerca de estruturas resultantes de macrobioerosão realizado durante este trabalho, revelou um universo complexo e vasto para esta categoria de icnofósseis. Como consequência dessa exaustiva investigação, aponta-se a necessidade de um esforço coletivo no sentido de sistematizar os icnotáxons de macrobioerosão. As tentativas que mais apontaram nesse sentido foram quadros ainda incompletos e que adotam termos relativos a fósseis corporais. Sugere-se aqui o abandono definitivo do uso de nomes de fósseis corporais para a identificação de estruturas de bioerosão, como *Simonizapfes*, *Zapfella*, *Brachyzapfes*, *Spathipora*, *Foraripora* e *Penetrantia*. Foram levantados como válidos, ou em uso, 42 icnogêneros e 121 icnoespécies, com variados graus de consolidação de uso e necessidade de revisão taxonômica. A listagem apresentada na chave de identificação em anexo não pretende ser uma lista de checagem das icnoespécies, mas é uma fonte que ainda não existia na bibliografia. Algumas diagnoses de icnogêneros ainda provocam certos equívocos de identificação, como entre *Trypanites* e *Vermiforichnus* ou *Talpina* e *Conchotrema*. Alguns icnogêneros têm sido considerados como sinônimos, mas foram considerados para efeito da chave de identificação porque isso implicaria numa revisão das icnoespécies.
- O acervo de icnofósseis de macrobioerosão observado na Bacia da Paraíba concentra-se especialmente nos arenitos calcíferos da Formação Itamaracá (antigos arenitos calcíferos da base da Formação Gramame); alguns níveis de calcários argilosos da Formação Maria Farinha e também calcários recifais da Formação Maria Farinha nas

localidades de Praia de Jaguaribe e Formação Maria Farinha superior em Tambaba e Carapibús na Paraíba.

A Bacia da Paraíba encerra grande diversidade de icnofósseis de macrobioerosão. Aqui estão descritas e/ou figuradas 36 icnotáxons, sendo 33 atribuídos a 13 icnogêneros, um tratado como morfotipo não conhecido e dois como Problemática: *Leptichnus peristroma* Taylor, Wilson & Bromley, *Leptichnus* isp., *Renichnus* isp., *Rogerella elliptica* (Codez), *Rogerella pattei* (Saint-Seine), *Gastrochaenolites lapidicus* Kelly & Bromley, *Gastrochaenolites torpedo* Kelly & Bromley, *Trypanites fimbriatus* (Stephenson), *Vermiforichnus* isp., *Lapispecus* isp., *Conchotrema canna* (Price), *Caulostrepsis taenicola* Clarke, *Caulostrepsis cretacea* (Voigt), *Maeandropolydora elegans* Bromley & D'Alessandro, *Maeandropolydora sulcans* Voigt, *Maeandropolydora* isp., *Cunctichnus* isp., *Entobia cretacea* Portlock, *Entobia cateniformis* Bromley & D'Alessandro, *Entobia laquea* Bromley & D'Alessandro, *Entobia megastoma* (Fisher), *Entobia paradoxa* (Fisher), *Entobia gonioides* Bromley & Asgaard, *Entobia volzi* Bromley & D'Alessandro, *Entobia glomerata* (Morris), *Entobia ovula* Bromley & D'Alessandro, *Entobia magna* Bromley & D'Alessandro, *Entobia* isp. A, *Entobia* isp. B, *Entobia* isp. C, Morfotipo A, *Oichnus simplex* Bromley, *Oichnus* isp., *Problematica 1* e *Problematica 2*.

O icnogênero *Cunctichnus* Fürsich, Palmer & Goodyear, 1994, considerado sinônimo de *Vermiforichnus* Cameron, 1969, é aqui retomado como válido e tem sua distribuição cronoestratigráfica ampliada ao Eoceno inferior.

A forma aqui identificada como *Leptichnus* isp. difere das conhecidas e implica na necessidade de definição formal, assim como a forma identificada como *Renichnus* isp..

A análise dos dados bibliográficos acerca do icnogênero *Rogerella*, aliada à tentativa de aplicação dos parâmetros morfométricos na identificação das duas formas da Bacia da Paraíba, indicam necessidade de revisão taxonômica geral de tais parâmetros e conseqüentemente dos nomes, alguns inclusive relativos a fósseis corporais de cirrípedes acrotorácicos.

O icnogênero *Vermiforichnus* ainda não tem fatores consistentes de distinção. O morfotipo ora identificado implica na ampliação de sua distribuição estratigráfica do Ordoviciano-Permiano (se não considerado sinônimo de *Cunctichnus*, do Jurássico) até o Paleoceno ou, pelo menos, revisão taxonômica. A forma ora descrita é recorrente e realmente muito semelhante ao que se aceita para *Vermiforichnus*.

A icnoespécie *Caulostrepsis taenicola*, revelou relação estreita com *Entobia* isp. Cavidades geradas por esponjas são aproveitadas por vermes ou vice-versa, provocando xenomorfismo para ambos os icnogêneros.

A forma identificada como *Maeandropolydora* isp. ocorre de forma extraordinária nas conchas substituídas por calcário da Fazenda Garapu e precisa de definição icnoespecífica formal.

A forma identificada como *Cunctichnus* isp. enquadra-se na diagnose estabelecida para o icnogênero, mas aqui admite-se a independência deste icnogênero em relação a *Vermiforichnus* e conseqüentemente sugere-se a ampliação da distribuição estratigráfica do icnogênero para o Eoceno inferior.

O icnogênero *Entobia* revelou grande diversidade nos materiais da Bacia da Paraíba. Algumas icnoespécies recaíram em morfotipos conhecidos, especialmente descritos no Plio-Pleistoceno italiano. *Entobia cretacea* é a forma mais comum nas camadas de arenito calcífero da Formação Itamaracá. As localidades de Tambaba e Carapibus guardam o maior acervo de formas entobianas, revelando formas complexas e bastante variáveis de acordo com a relação com outros endolitos e características dos substratos. Três formas com identificação em aberto precisam de análises mais depuradas e definições formais.

Apenas duas estruturas de predação foram identificadas e atribuídas ao icnogênero *Oichnus*.

Uma estrutura em forma de gotas achatadas foi definida provisoriamente como Morfotipo A. Tal estrutura assemelha-se um pouco a estágios iniciais de *Cunctichnus* e indica necessidade de definição formal.

A estrutura tratada como *Problematica 1* é um molde de verme possivelmente Spionidae e sua relação com o substrato conquífero merece investigação específica para a compreensão de seu caráter de bioerosão ou bioturbação.

A estrutura *Problematica 2* foi alvo de artigo Santos *et al* (2007). Ocorre nas localidades de Árvore Alta e Alexandrina, no arenito calcífero, e assemelha-se a *Helminthoida* e *Helminthorhapse*, no aspecto meandrante. Como a forma *Problematica 1*, também implica em análises mais detalhadas, especialmente em relação ao substrato conquífero.

- As análises tafonômicas levaram em consideração as tafocenoses da malacofauna e de algas coralíneas e corais apenas na medida de suas implicações com as tafofácies.

Definiu-se para os arenitos calcíferos assembléias para autóctones-alóctones sustentados pela matriz. As colonizações para estas tafofácies ocorreram numa janela de biorosão de bioclastos, representada pelos icnogêneros *Leptichnus*, *Rogerella*, *Caulostrepis*, *Maeandropolydora* e *Entobia*, predominantemente *post-mortem*, seguida de uma janela de colonização com o substrato já consolidado caracterizada por *Gastrochaenolites* e *Trypanites*.

Para a pedreira Poty foi identificada uma assembléia autóctone-para autóctone ou para autóctone-alóctone, intercalada com assembléias de bioturbação (autóctones). Os vestígios de bioerosão sugerem colonizações *post-mortem* (*Entobia*, *Caulostrepis*) e em vida (*Oichnus*).

A pedreira São Bento guarda muitos vestígios de bioerosão ligados a uma tafofácies de assembléia para autóctone-alóctone totalmente intraclástica e dominada por *Trypanites*, *Entobia*, *Maeandropolydora*, *Caulostrepis* e *Vermiforichnus*, revelando pelo menos dois fenômenos de transporte e seleção.

A localidade de praia de Jaguaribe exhibe acumulações de bioclastos com *Entobia* e uma tafofácies preservada em esteiras de algas *Archaeolithothamnium* e corais, especialmente caracterizada por *Gastrochaenolites*.

Os calcários de Tambaba, Coqueirinhos e Carapibús exibem duas tafofácies também associadas à preservação em acumulações para autóctones-autóctones de conchas e fragmentos com *Lapispecus*, *Conchotrema*, *Caulostrepis*, *Maeandropolydora*, *Cunctichnus* e *Entobia*. Entres crostas de algas e colônias de corais ocorre a tafofácies autóctone dominada por perfurações de bivalves litófagos (*Gastrochaenolites*).

- As diversas icnoassembléias identificadas nas localidades estudadas revelaram paleoicnocenoses de organismos principalmente endoesqueletozoários e endolitozoários, principalmente do grupo etológico Domichnia. A tabela 23 resume esse cenário.

Tabela 23. Classificação etológica, trófica e organismos geradores das estruturas de macrobioerosão da Bacia da Paraíba.

Ícnotáxons	Etologia	Grupo trófico	Organismo
<i>Leptichnus peristroma</i> Taylor, Wilson & Bromley	Fixichnia	Suspensívoros	Briozoários ctenostomados
<i>Leptichnus</i> isp.	Fixichnia	Suspensívoros	Briozoários ctenostomados
<i>Renichnus</i> isp.	Fixichnia	Suspensívoro	Gastrópodes vermitídeos
<i>Rogerella elliptica</i> (Codez)	Domichnia	Suspensívoros	Cirrípdes acrotorácicos
<i>Rogerella pattei</i> (Saint-Seine)	Domichnia	Suspensívoros	Cirrípdes acrotorácicos
<i>Gastrochaenolites lapidicus</i> Kelly & Bromley	Domichnia	Suspensívoros	Bivalves litófagos
<i>Gastrochaenolites torpedo</i> Kelly & Bromley	Domichnia	Suspensívoros	Bivalves litófagos
<i>Trypanites solitarius</i> (Hagenow)	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Trypanites fimbriatus</i> (Stephenson)	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Vermiforichnus</i> isp.	Domichnia	Suspensívoros	Vermes Spionidae
<i>Lapispecus</i> isp.	Domichnia	Suspensívoros	
<i>Conchotrema canna</i> (Price)	Domichnia		
<i>Caulostrepsis taenicola</i> Clarke	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Caulostrepsis cretacea</i> (Voigt)	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Maeandropolydora elegans</i> Bromley & D'Alessandro	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Maeandropolydora sulcans</i> Voigt	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Maeandropolydora</i> isp.	Domichnia	Suspensívoros	Vermes poliquetas
<i>Cunctichnus</i> isp.	Domichnia		
<i>Entobia cretacea</i> Portlock	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia cateniformis</i> Bromley & D'Alessandro	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia laquea</i> Bromley & D'Alessandro	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia megastoma</i> (Fisher)	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia paradoxa</i> (Fisher)	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia gonioides</i> Bromley & Asgaard	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia volzi</i> Bromley & D'Alessandro	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia glomerata</i> (Morris)	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia ovula</i> Bromley & D'Alessandro	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia magna</i> Bromley & D'Alessandro	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia</i> isp. A	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia</i> isp. B	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
<i>Entobia</i> isp. C	Domichnia	Suspensívoros	Esponjas Clionidae
Morfotipo A	Domichnia	Desconhecido	Desconhecido
<i>Oichnus simplex</i> Bromley	Praedichnia	Carnívoros	Gastrópodes naticídeos/muricídeos; cefalópodes
<i>Oichnus</i> isp.	Praedichnia	Carnívoros	Gastrópodes naticídeos/muricídeos; cefalópodes
<i>Problematica 1</i>	Indefinido		Vermes poliquetas
<i>Problematica 2</i>	Domichnia		Verme

Os arenitos calcíferos foram associados à icnofácies *Trypanites* e, em nível de bioclasto, sub-icnofácies *Entobia*.

Os calcários de São Bento, apesar da presença de *Trypanites* nos bioclastos, foi caracterizada como icnofácies *Entobia*.

Os calcários de Tambaba, Carapibús e Coqueirinhos foram também associados à icnofácies *Entobia*.

- Do ponto de vista ambiental, os arenitos calcíferos foram relacionados a um ambiente litorâneo raso, de alta energia com formação subsequente de substrato consolidado do tipo rocha praial.

Para os níveis com bioclastos bioerodidos da pedreira Poty, sugere-se um ambiente de plataforma de baixa energia e baixa taxa de sedimentação.

Para ponta do funil, a camada com bioclastos bioerodidos, assim como o nível semelhante em praia de Jaguaribe, sugere-se uma superfície de omissão retrabalhada em ambiente de plataforma.

Para a camada de São Bento, sugere-se uma superfície de omissão retrabalhada em ambiente de plataforma rasa.

Para as ocorrências de Tambaba, Carapibus e Coquirinhos, corrobora-se com as inferências feitas pelo autor desta tese (Almeida, 2000) no sentido de sugerir sub-ambientes de sistema recifal, com icnoassembléias ligadas a acumulações de conchas entre colônias de algas e corais e icnoassembléias autóctones nas colônias, ambas em ambientes rasos e de baixa taxa de sedimentação.

CAPÍTULO

IX

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- Adegoke, O.S. 1972. *Tethyan affinities of West African Paleogene Mollusca*. In: Montreal, International Geological Congress., 24, Séc. 7: 441-449.
- Akpan, E.B. 1984. Significance of algal borings and *Acmaea* grazing traces on molluscan shells from Ardyne (west Scotland) postglacial sediments, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **47**: 233-244.
- 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*. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 251p. Anexos. Dissertação de Mestrado.
- Albertão, G.A. 1996. *O limite Cretáceo-Terciário no Brasil e no mundo: visão geral e fatores causais*. In: Rio Claro, Simpósio Sobre O Cretáceo do Brasil, **4**: 9-13.
- Almeida, J.A.C. 1989. Geologia e aspectos paleontológicos da Folha Jacumã, sub-bacia de Alhandra, Bacia Pernambuco-Paraíba. UFPE/Departamento de Geologia, Recife, Relatório de Graduação.
- Almeida, J.A.C. 2000. *Calcários recifais eocênicos da Formação Maria Farinha na Sub-Bacia de Alhandra, Paraíba: aspectos taxionômicos, paleoecológicos, paleoambientais e estratigráficos*. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 164p
- Almeida, J.A.C. & Muniz, G.C.B. 1992. *Atividade bioerosiva em conchas de moluscos da Bacia Pernambuco-Paraíba*. In: São Paulo, Congresso Brasileiro de Geologia, 38. Sociedade Brasileira de Geologia.
- Alves, E.C. & Costa, M.P.A. 1986. *Interpretação sismo-estratigráfica da porção norte do Platô de Pernambuco e suas possíveis correlações com a Bacia Pernambuco-Paraíba*. In: Goiânia, Congresso Brasileiro de Geologia, 34. Sociedade Brasileira de Geologia, **1**: 286-297.
- Arnold, J.M. & Arnold, K.O. 1969. Some aspects of hole-boring predation by *Octopus vulgaris*. *American Zoologist*, **9**: 991-996.

- Baird, G.C. & Brett, C.E. 1983. Regional variation and paleontology of two coral beds in the Middle Devonian Hamilton Group of western New York. *Journal of Paleontology*, **57**: 417-446.
- Bakus, G.J. 1966. Some relationships of fishes to benthic organisms on coral reefs. *Nature*, **210**: 280-284.
- Balson, P.S. 1980. The origin and evolution of Tertiary phosphorites from eastern England. *Journal of Geological Society of London*, **137**: 723-729.
- Baptista, M.B., Braun, O. P. G., & Campos, D.A. 1984. *Léxico Estratigráfico do Brasil*. DNPM/CPRM, Brasília, 560p.
- Barbosa, J.A. 2004. *Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno – Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 230p.
- Barbosa, J.A. Souza, E.M., Lima Filho, M.F., Neumann, V.H. 2003. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos*. **13**: 89-108.
- Barbosa, J.A.; Kellner, A.W.A. & Viana, M.S. 2005. Preliminary information on a crocodyliformes from the Paleocene of the Paraíba basin, NE Brazil. II Congresso Latino-americano de Paleontologia de Vertebrados, Museu Nacional/UFRJ-RJ, *Boletim de Resumos*, 46-47.
- Barbosa, J.A.; Viana, M.S.S.; Neumann, V.H. 2006. Paleoambientes e icnofácies da seqüência carbonática da Bacia da Paraíba (Cretáceo-Paleogeno), Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **36**: 73-90.
- Barbosa, J.A.; Viana, M.S.S. & Neumann, V.H. 1996. Paleoambientes e icnofácies da seqüência carbonática da Bacia da Paraíba (Cretáceo e Paleógeno), NE do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **36**(3) 73-90.
- Bardach, J.E. 1961. Transport of calcareous fragments by reef fishes. *Science*, **133**: 98-99.
- Batlorig, J. & Martinell, J. 1992. Actividad predadora en moluscos del Mioceno del Penedès (Catalunya). *Revista Española de Paleontología*, **7**(1): 24-30.
- Bayer, F.M. Boschma, H., Harrington, H.J., Hill, D., Hyman, L.H., Lecompte, M, Montanaro-Gallitelli, E., Moore, C.R., Stumm, E.C., & Wells, J.W. 1956. *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F, Coelenterata*, Geological Society of America, 498p.
- Behrensden, O. 1892. *Zeitschrift der deutschen Geol. Gesellschaft*, **43**:1-43.
- Bernecker, M. & Weidlich, E. 1990. The Danian (Paleocene) Coral Limestone of Fakse, Denmark: A Model for Ancient Aphotic, Azooxantellate Coral Mounds. *Erlangen*, **22**: 103-138.
- Bertling, M.; Braddy, S.J.; Bromley, R.G. ; Demathieu, G.R.; Genise, J.; Mikuláš, R.; Nielsen, J.K.; Nielsen, K.S.S.; Rindsberg, A.K.; Schlirf, M. & Uchman, A. 2006. Names for trace fossils: a uniform approach. *Lethaia*, **39**: 265-286.

- Beurlen, K. 1959. *Observações sobre a Formação Maria Farinha*, Estado de Pernambuco, Escola de Geologia de Pernambuco, *Arquivos de Geologia*, **1**: 5-13.
- Beurlen, K. 1967. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **1**: 43-53.
- Blisset, D.J. & Pickerill, R.K. 2007. Systematic ichnology of microboring from the Cenozoic White Limestone Group, Jamaica, *West Indies. Scripta Geologica*, **134**: 77-108.
- Boekschoten, G.J., 1966. Shell borings of sessile epibiontic organisms as palaeoecological guides (with examples from the Dutch coast). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **2**:333-379.
- Boekschoten, G.J. 1970. On bryozoan borings from the Danian at Fakse, Denmark. In: Crimes, T.P., & Harper, J.C. (eds.). Trace fossils. *Geological Journal Special Issue* **3**: 43-48.
- Bosellini, A. & Gisburg, R. N. 1971. Form and internal structure of recent algal nodules (Rhodolites) from Bermuda. *Journal of Geology*, **79**: 669-682.
- Botquelen, A. & Mayoral, E. 2005. Early Devonian bioerosion in the Rade de Brest, Armorican Massif, France. *Palaeontology* **48**(5): 1057-1064.
- Bown, T.R. & Ratcliffe, B.C. 1988. The origin of Chubutolithes Ihering, ichnofossils from the Eocene and Oligocene of Chubut Province, Argentina. *Journal of Paleontology*, **62**:163-167.
- Bradshaw, M.A. 1980. Boring bivalves in the New Zeland Cenozoic with a redefinition of *Teredolites*. *Records of the Canterbury Museum*, **9**: 289-294.
- Branner, J.C. 1902. Geology of the northeast coast of Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, **13**: 41-98.
- Brett, C.E. 1985. *Tremichnus*: a new ichnogenus of circular-parabolic pits in fossil echinoderms. *Journal of Paleontology*, **59**: 625-635.
- Brett, C.E. & Baird, G. C. 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, **1**: 207-227.
- Bromley, R.G. 1970. Borings as trace fossils and *Entobia cretacea*, Portlock as an exemple. In: Crimes & Harper (eds.) – Trace fossils, p. 49-90., *Geological. Journal Special Issue*, **3**., Liverpool.
- Bromley, R.G. 1972. On some ichnotaxa in hard substrates, with a redefinition of *Trypanites Mägdefrau*. *Pälaontologische Zeitschrift*, **46**: 93-98.
- Bromley, R.G. 1975. Comparative analysis of fossil and recent echinoid bioerosion. *Palaeontology*, **18**(4): 725-739.

- Bromley, R.G. 1978. Bioerosion of Bermuda Reefs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **23**: 169-197.
- Bromley, R.G. 1981. Concept in ichnotaxonomy illustrated by small round holes in shells. *Acta Geologica Hispanica*, **16**: 55-64.
- Bromley, R.G. 1990. *Elite trace fossils, ichnotaphonomy and ichnoguilds*. Abstracts Papers, 13th International Sedimentological Congress, August, Nottingham: 63-64.
- Bromley, R.G. 1992. Bioerosion: eating rocks for fun and profit. In: Maples, C.G. and West, R.R. (eds.): Trace Fossils. *Short Course in Paleontology* **5**: 121-129.
- Bromley, R.G. 1993. Predation habits of octopus past and present and a new ichnospecies, *Oichnus ovalis*. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **40**: 167-173.
- Bromley, R.G. 1994. *The paleoecology of bioerosion*. In: The palaeobiology of trace fossils. Donovan, S.K. (Ed.), The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 308p.
- Bromley, R.G. 1996a. *Trace Fossils: biology, taphonomy and applications*. 2 ed., Chapman & Hall, London, 361p.
- Bromley, R.G. 1996b. Bioerosion. In: Dasch, E.J. (ed.). *Encyclopedia of Earth Sciences*, MacMillan, New York, p. 41-43.
- Bromley, R.G. & Asgaard, U. 1991. Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. *Lethaia*, **24**: 153-163.
- Bromley, R.G. & Asgaard, U. 1993a. Endolithic community replacement on a Pliocene rocky coast. *Ichnos*, **2**: 93-116.
- Bromley, R.G. & Asgaard, U. 1993b. Two bioerosion ichnofacies produced by early and late burial associated with sea-level change, *Geologische Rundschau*, **82**: 276-80.
- Bromley, R.G. & D'Alessandro, A. 1983. Bioerosion in the Pleistocene of Southern Italy: ichnogenera *Caulostrepsis* and *Meandropolydora*. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **89**(2): 283-309.
- Bromley, R.G. & D'Alessandro, A. 1984. The ichnogenus *Entobia* from the Miocene, Pliocene and Pleistocene of Southern Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **90**(2): 227-296.
- Bromley, R.G. & D'Alessandro, A. 1987. Bioerosion of the Plio-Pleistocene transgression of Southern Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **93**(3): 379-422.
- Bromley, R.G. & D'Alessandro, A. 1989. Ichnological study of shallow marine endolithic sponges from the Italian coast. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **95**: 279-314.

- Bromley, R.G. & Frey, R.W. 1974. Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongeliomorpha*. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **23**: 311-335.
- Bromley, R.G. & Heinberg, C. 2006. Attachment strategies of organisms on hard substrates: a paleontological view. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **232**: 429-453.
- Bromley, R.G. & Martinell, J. 1991. *Centrichnus*, new ichnogenus for centrally patterned attachment scars on skeletal substrates. *Bulletin Geological Society of Denmark*, **38**: 243-252.
- Bromley, R.G. & Surlyk, F. 1973. Borings produced by brachiopod pedicles, fossil and Recent. *Lethaia*, **6**: 349-365.
- Bromley, R.G.; Hanken, N.M. & Asgaard, U. 1991. Shallow marine bioerosion: preliminary results of an experimental study, *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **38**: 85-99.
- Bronn, H.G. 1837-38. *Lethaea geognostica*. 2. Das Kreide und Molassen-Gebirge, p. 545-1350.
- Bronn, H.G. 1848. *Index palaeontologicus*. Schweizerbart, Stuttgart.
- Bronn, H.G. & Roemer, F. 1851-52. *Lethaea geognostica oder Abbildung und Beschreibung der für die Gebirgs-Formationen bezeichnendsten Versteinerungen*, 3rd. ed. Schweizervart, Stuttgart, 788p.
- Buge, E. & Muniz, G. C. B. 1974. *Lunilites (Heteractis) barbosa* nouvelle espèce de bryzoaire lunulitifforme (Bryozoa, Cheilostomata) du Paléocène du Nord-Est du Brésil. *Annales de Paléontologie*, Paris, **2**: 191-202.
- Cameron, B. 1969a. New name for *Palaeosabella prisca* (McCoy), a Devonian worm boring and its preserved probable borer. *Journal of Paleontology*, **43**:189-192.
- Cameron, B. 1969b. Paleozoic shell-boring annelids and their trace fossils. *American Zoology*, **9**: 689-703.
- Carriker, M.R. 1981. Shell penetration and feeding by baticidean and muricidean predatory gastropods: a synthesis. *Malacologia*, **20**: 403-422.
- Carriker, M.R. 1969. Excavation of boreholes by the gastropod *Urosalpinx*: an analysis by light and scanning electron microscopy. *American Zoologist*, **9**: 917-933.
- Carriker, M.R., Smith, E.H. & Wilce, R.T., 1969. Penetration of calcium carbonate substrates by lower plants and invertebrates. *American Zoologist*, **9**: 629-1020.
- Carriker, M.R. & Yochelson, E.L. 1968. Recent gastropod boreholes and Ordovician cylindrical borings. *United States Geological Survey Professional Papers*, 593-B: 1-26.

- Carriker, M.R. & Van Zandt, D. 1972. *Predatory behavior of a shell-boring muricid gastropod*. In: H. E. Winn & B. L. Olla (ed.), *Behavior of marine animals: current perspectives in research*. 1. Invertebrates. Plenum Press, New York., p. 157-244.
- Casadío, Marensi & Santillana. 2001. Endolithic bioerosion traces attributed to boring bryozoans in the Eocene of Antarctica. *Ameghiniana*, **38**(3): 321-329.
- Cassab, R.C.T. 1978. *Revisão da família Cerithiidae (mollusca-gastropoda), da Formação Maria Farinha, Paleoceno de Pernambuco (Brasil)*. In: Recife, Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Sociedade Brasileira de Geologia, **2**: 929-936.
- Cassab, R.C.T., 1983. Moluscos fósseis da Formação Maria Farinha, Paleoceno de Pernambuco. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55**: 385-394.
- Chabaglian, J., 1959. *Le Paléocène dans l'Ouest du Sénégal*. Faculté des Sciences de l'Université de Dakar, Dakar, **4**: 133-187.
- Chiplonkar, G.W. & Ghare, M.A. 1976. *Paleolithophaga*, a new ichnogenus from South Indian Cretaceous rocks of Trichinopoly District. *Biovigyanam*, **2**: 161-164.
- Clarke, J.M. 1908. The beginnings of dependent life. *Bull. New York State Mus.*, **121**: 146-196.
- Clarke, J.M. 1921. Organic dependence and disease: their origin and significance. *Bull. New York State Mus.*, **221-222**: 1-113.
- Cloud, P.E. 1959. Geology of Saipan, Mariana Island, 4: submarine topography and shoal-water ecology. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, **280K**: 361-445.
- Codez, J. 1957. *Études de Cirripèdes acrothoraciques fossils*. Diplôme d'Études supérieures, Poitiers.
- Codez, J. & Saint-Seine, R. 1958. Révision des Cirripèdes Acrothoraciques fossils. *Bull. Soc. Géol. France*, **6**(7): 699-719.
- Cole, A.R. & Palmer, T.J. 1999. Middle Jurassic worm borings, and a new giant ichnospecies of *Trypanites* from the Bajocian/Dinantian unconformity, southern England. *Proceedings of the Geologists' Association*, **110**: 203-209.
- Condra, G.E. and Elias, M.K. 1944. Carboniferous and Permian ctenostomatous Bryozoa. *Geological Society of America Bulletin* **55**:517-568.
- Conybeare, W. 1814. On the origin of a remarkable class of Organic Impressions occurring in nodles of flint. *Trans. Geol. Soc.*, **1**(2): 328-335.
- Cope, E., 1886. A contribution to the vertebrate paleontology of Brazil. *Proceedings of the American Philosophical Society*, **23**: 1-21.
- Cox, L.R. 1952. Cretaceous and Eocene fossils from the Gold Coast. *Gold Coast Geological Survey Bulletin*, **17**: 7-68.

- Cox, L. R.; Newell, D. W.; Branson, R.C.; Chavan, A.; Coogan, A.H.; Dechaseaux, C.; Fleming, C.A.; Haas, F.; Hertlein, L.G.; Kauffman, E.G.; Keen, A.M.; Larocque, A.; Mcallester, A.L.; Moore, R. C.; Nuttall, C.P.; Perkins, B.F.; Puri, H.S.; Smiths, L.A.; Soot-Ryen, T.; Stenzel, H.B.; Trueman, E.R.; Turner, R.D.; & Weir, J. 1969-71. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part N. The Geological Society of America, Inc. & The University of Kansas. **3**(1), 952p.
- Dabrio, C.J., Esteban, M. & Martin, J.R. 1981. The coral reef model of Nijar, Messinian (Uppermost Miocene), Almeria Province, *Southwest Spain. Jour. Sediment. Petrol.*, **51**: 521-541.
- Dall, W.H., 1898. Contributions to the tertiary fauna of Florida. *Trans. Wagner Free. Inst. Sci.*, **3**: 629p.
- Damboreana, S.E. 2002. Early Jurassic bivalves of Argentina: Part 3. Superfamilies Monotoidea, Pectinoidea, Plicatuloidea and Dymioidea. *Palaeontographica Abteilung A*, **265**:1-119.
- Darteville, E. & Freneix, S. 1957. *Mollusques fossiles du Crétacé de la Côte occidentale d'Afrique, du Cameroun à l'Angola, II. Lamellibranches*. Mus. Roy. Congo Belge, Congo Belge, Ser. **8**(20): 1-271.
- Dávid, Á. 2001. Macrobioerosion in the shells of Early-Miocene oysters of two localities – a comparison (Hegyeskő road cut, Szarvaskő and abandoned limestone quarry, Nagyvisnyó; Bükk Mountains, Hungary). *Malacological Newsletter*, **19**: 5-12.
- Davies, A.M., 1971. *Tertiary Faunas. The Composition of Tertiary Faunas*. George Allen & Unwin, Londres, 571p.
- Demircan, H. & Toker, V. 2004. Cingöz Formasyonu Doğu Yelplaze iz Fosilleri (KB Adana). *MTA Dergisi*, **129**: 69-87.
- Donovan, S.K. 2002. A new ichnospecies of *Gastrochaenolites* Leymerie from the Pleistocene Port Morant Formation of southeast Jamaica and the taphonomy of calcareous linings in clavate borings. - *Ichnos*, **9**: 61-66.
- Donovan, S.K. & Jagt, J.W.M. 2002. *Oichnus* Bromley borings in the irregular echinoid *Hemipneustes* Agassiz from the Type Maastrichtian (Upper Cretaceous, The Netherlands and Belgium). *Ichnos*, **9**: 67-74.
- Donovan, S.K. & Jagt, J.W.M. 2005. *Flosculichnus tectus*, an etched attachment scar from the Upper Cretaceous (Maastrichtian) of the Netherlands. *Bulletin de L'Institute Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, **75**: 207-210.
- Douvillé, H. 1908. Preforations d'Annélides. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **4**(7): 361-370.
- Dronov, A.V., Mikuláš, R. & Logvinova, M. 2002. Trace fossils and ichnofabrics across the Volkhov depositional sequence (Ordovician, Arenigian of St. Petersburg region, Russia). *Journal of the Czech Geological Society*, **47**: 133-144.

- Duarte, P.J., 1949. Depósitos de fosfatos na Formação Maria Farinha. *Sociedade de Biologia de Pernambuco*, Recife, **1**: 37-42.
- Dunham, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of Carbonate Rocks*. W. E. Ham Ed., p. 108-121. Mem. Am. Ass. Petrol. Geol. 1. Tulsa.
- Edinger, E.N. & Risk, M.J. 1994. Oligocene-Miocene extinction and geographic restriction of Caribbean corals: roles of turbidity, temperature, and nutrients. *Palaios*, **9**: 576-598.
- Ekdale, A.A. 1985. Paleocology of the marine endobenthos. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **50**: 63-81.
- Ekdale, A.A. & Bromley, R.G. 2001. Bioerosional innovation for living in carbonate hardgrounds in the Early Ordovician of Sweden. *Lethaia*, **34**: 1-12.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G & Pemberton, S.G. 1984. *Icnhology. The use of trace fossils in sedimentology and stratigraphy*. 317pp. Society of Economic Mineralogists and Paleontologists, Tulsa.
- El Gadi, M.S.M. & Brookfield, M.E. 1999. Open carbonate ramp facies, microfacies and paleoenvironments of the Gramame Formation (Maastrichtian), Pernambuco-Paraíba Basin, Brazil. *Journal of South Am. Earth Sciences*. **12**: 411-433.
- Embérgér, L. 1968. *Les Plantes Fossiles*. Masson et C^{ie}, Paris, 757p.
- Embry, A.F. & Klovan, J.E., 1971. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island. Northwest Territories. *Bull. Can. Petrol. Geol.* **19**:730-781.
- Erickson, J.M. & Boucahrd, T.D. 2003. Description and interpretation of *Sanctum laurentiensis*, new ichnogenus and ichnospecies, a domichnium mined into Late Ordovician (Cincinnatian) ramose bryozoan colonies. *Journal of paleontology*, **77**(5): 1002-1010.
- Farinati, E.A.; Spagnuolo, J.O. & Aliotta, S. 2006. Bioerosión em micromoluscos holocenos del estuário de Bahía Blanca, Argentina. *Ameghiniana* **43**(1): 45-54.
- Fatton, E. & Roger, J., 1968. *Lês organismes perforants: vue d'ensemble sur les actuels et les fossilizes*. Trav. Lab. Paléont. Fac. Sci. d'Orsay, Univ. Paris., p. 13.
- Fauth, G. & Koutsoukos, E.A.M. 2002. Paleocological inferences from marine ostracode assemblage of the Maastrichtian and Danian in the Pernambuco-Paraíba Basin. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4, *Boletim de Resumos*, São Pedro, 261-265.
- Feijó, F. P. 1994. Bacia Pernambuco-Paraíba. In: *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, Petrobrás, **8**(1): 143-148.

- Feitosa E.C., Feitosa, F.A.C. & Lira, H.M.P. 2002. *Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia Costeira PE/Pb – uma hipótese de trabalho*. XII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. Florianópolis, SC. Anais em CD-ROM.
- Fenton, C.L. & Fenton, M.A. 1932a. Boring sponges in the Devonian of Iwoa. *American Midland Naturalist*, **13**: 42-54.
- Fenton, C.L. & Fenton, M.A., 1932b. A new species of *Cliona* from the Cretaceous of New Jersey. *American Midland Naturalist*, **13**: 54-62.
- Fernandes, A.C.S., 1978. *Corais hermatípicos da Formação Maria Farinha, Paleoceno do Estado de Pernambuco*. In: Recife, Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Sociedade Brasileira de Geologia, **2**: 960-964.
- Fernandes, A.C.S., 1984. *Nova ocorrência de corais (Anthozoa-Scleractinia) na Formação Maria Farinha, Paleoceno do Estado de Pernambuco*. In: Rio de Janeiro, Congresso Brasileiro de Geologia, **33**: 312-315.
- Fernandes, A.C.S.; Borghi, L.; Carvalho, I. S. & Abreu, C.J. 2002. *Guia dos Icnofósseis do Brasil*, 260pp. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Fillion, D. & Pickerill, R.K., 1984. Systematic ichnology of the Middle Ordovician Trenton Group, St. Lawrence Lowland, eastern Canada. *Maritime Sedim. And Atlantic Geol.*, **20**:1-41.
- Fisher, M.P., 1866. *Paléontologie de l'Asie Mineure*. (ref. In Fisher, 1868).
- Fischer, M.P., 1868. Recherches sur les éponges perforantes fossils. *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Paris*, **4**: 117-173.
- Flügel, E. & Flügel-Kahler, E., 1992. Phanerozoic Reef Evolution: Basic Questions and Data Base. *Erlangen*, **26**: 167-278.
- Fortes, F.P., 1988. *A origem da Bacia Potiguar como decorrência do Ciclo tecto-orogênico Brasileiro*. In: Belém, Congr. Brasil. Geol., **35**(5): 2091-2106.
- Freter, V. & Graham, A., 1962. *British Prosobranch Molluscs: Their functional anatomy and ecology*. Ray Society, London, 755p.
- Frey, R.W., Howard, J. D. & Prior, W. A., 1978. *Ophiomorpha*: its morphologic, taxonomic, and environmental significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. S. n., **23**: 199-229.
- Frey, R.W. & Pemberton, S.G., 1987. The Pylonichnus ichnocoenose, and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **35**: 333-357.
- Frey, R. & Seilacher, A. 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, **13**:183-207.

- Fürsich, F.T., 1973. A revision of the trace fossils Spongiomorpha, *Ophiomorpha* and *Thalassinoides*. *Neues Jahrb. Geol. Paläontol., Monatsh.*, p. 719-735.
- Fürsich, F.T., Palmer, T.J. & Goodyear, K.L. 1994. Growth and disintegration of bivalve-dominated patch reefs in the Upper Jurassic of southern England. *Palaeontology*, **37**: 131-171.
- Gámez Vintaned, J.A. & Liñán, E. 1996. Revisión de la terminología icnológica en español. *Revista Española de Paleontología*, **11**(2): 155-176.
- Geinitz, H.B., 1872-75. Das Elbthalgebirge in Sachsen. Der mittlere und obere Quader. *Palaeotographica*, **20** (sem paginação).
- Genise, J.F. & Bown, T.M. 1994. New Miocene scarabeid and hymenopterous nests and early Miocene (Santacrucian) paleoenvironments, Patagonian Argentina. *Ichnos*, **3**:107-117.
- Gerrero, S. & Reymont, R.A., 1988. Differentiation between the traces of predation of muricids and naticids in Spanish Pliocene *Chlamys*. *Estudios Geológicos, Instituto Geológico Lucas Mallada*, **44**: 317-328.
- Gibert, J.M., Martinell, J., Domènech, R. 1998. *Entobia* ichnofacies in fossil rocky shores. Lower Pliocene, Northwestern Mediterranean. *Palaios*, **13**: 476-487.
- Gibert, J.M., Domènech, R. & Martinell, J. 2004. An ethological framework for animal bioerosion trace fossils upon mineral substrates with proposal of a new class, fixichnia. *Lethaia*, **37**:429-437.
- Glezek, J.; Marcinowski, R. & Wierzbowski, A. 1971. Lower Cenomanian trace fossils and transgressive deposits in the Cracow Upland. *Acta Geologica Polonica*, **21**:433-448.
- Goldring, R. 1991. *Fossils in the Field: Information Potential and Analysis*, Longman, Harlow.
- Golubic, S.; Perkins, R.D. & Lukas, K.J. 1975. Boring microorganisms and microrings in carbonate substrates. In: Frey, R. W. (ed.): *The Study of Trace Fossils*, Springer-Verlag, New York, 229-259
- Goreau, T.F. & Hartman, W.D. 1963. Boring sponges as controlling factors in the formation and maintenance of coral reefs. In: Sognaes, R.F. (ed.): *Mechanisms of Hard Tissue Destruction. Publications of the American Association for the Advancement of Science*. **75**: 25-54.
- Gripp, K. 1965. Fossilien aus Norddeutschland. *Meyniana*, **19**: 79-89.
- Gripp, K. 1967. *Polydora biforans* n. sp. Ein in Belemniten-Rostren bohrender Wurm der Kreide-Zeit. *Meyniana*, **17**: 8-10.
- Gripp, K. 1968. Belemniten-Bruch vom Ostseestrand. *Natur und Museum*, **98**: 374-384.
- Gygi, R.A. 1969. An estimate of the erosional effect of *Sparisoma viride* (Bonnaterre), the gree parrotfish, on some Bermuda reefs. In: R.N. Ginsburg & Garret, (Editors), *The 1968*

- Seminar on Organism-Sediment Interrelationships. *Special Publication, Bermuda Station Research*, **2**: 137-143.
- Gygi, R.A. 1975. *Sparisoma viride* (Bonaterre), the Stoplight Parrotfish, a major sediment producer on coral reefs of Bermuda. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **68**: 327-359.
- Hagenow, F. 1840. Monographie der Rügen'schen Kreide-Versteinerungen. II. Abt. Radiaren und Annulaten. *Neus Jahrbuch für Mineralogie, Geognasie, Geologie und Petrafaktenkunde*, p. 631-672.
- Häntzschel, W. 1962. *Trace Fossils and Problematica*. In Moore (Ed.) – Treatise on Invertebrate Paleontology. Part. W. Miscellanea, p. 177-245., Geological Society America, University of Kansas Press, Lawrence.
- Häntzschel, W. 1965a. *Vestigia invertebratorum et problematica. Fossilium catalogus. I Animalia*, pars. 108, Gravenhage.
- Häntzschel, W. 1965b. Über parasitische Polychaeten in Kreide-Austern sowie einige andere in Muschenschalen bohrende Würmer. *Pälaontologische Zeitchrift*, **39**(3/4): 193-211.
- Häntzschel, W., 1975. *Trace Fossils and Problematica*. In Moore (ed.) – Treatise on Invertebrate Paleontology, Part. W, suppl. 1, Misc., 269p., Geological Society of America University of Kansas.
- Häntzschel, W., 1975. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part W, Trace Fossils and Problematica, The Geological Society of America, Kansas, 269p.
- Haq, M.U. 1981. Paleogene paleoceanography: Early Cenozoic revisited. *Oceanologica Acta*, **SP**:71-82.
- Häussell, W.1965. *Vestigia invertebratorum et problematica. Fossilium Catalogous. In: Animalia*. Ed. Pars, **108**: 142 pp.
- Harris, G.D. 1896. The Midway Stage. *Buletin of American Paleontology*, **4**: 117-242.
- Haynes, G. 1983. A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for damage to herbivore limb bonés. *Paleobiology* **9**:164-172.
- Hertlein & Grant. 1972. *The geology and paleontology of the marine Pliocene of San Diego, CA*. Paleontology, 275p.
- Hillmer, G. & Schulz, M.G. 1973. Ableitung der Biologie und ökologie eines Polychaeten der Oberkreide durch Ananyse des Bohrganges *Ramosulcichnus biforans* (Gripp) nov. ichnog. *Mitt. Geol. Paläont. Abh.*, **133**:79-88.
- Hinde, G.J. 1883. *Catalogue of the fóssil sponges in the geological department of the British Museum (Natural History)*. British Museum, London.
- Hoare, R.D & Walden, R.L. 1983. *Vermiforichnus* (Polychaeta) borings in *Paraspirifer bownockeri* (Brachiopoda: Devonian). *Ohio Journal of Science*, **83**(3): 114-119.

- Hofmann, H.J. 1979. Chazy (Middle Ordovician) trace fossils in the Ottawa-St. Lawrence lowlands. *Bulletin of Geological Survey of Canada*, 321:27-59.
- Hyde, J.E. 1953. The Mississippian formations of central and southern Ohio. *Bulletin of Ohio Geological Survey*, 51, 355p.
- ICZN (International Commission for Zoological Nomenclature). 1999. *International Code of Zoological Nomenclature, adopted by the International Union of Biological Sciences*, 4th edition. International Trust for Zoological Nomenclature, Londres, 232p.
- Jagt, J.W.M., 2003. The ichnofossil genera *Radulichnus* and *Renichnus* in the Maastrichtian of The Netherlands and Belgium. *Bulletin de L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 73: 175-184.
- James, N.P., 1983. Reef. In: *Carbonate Depositional Environments* (Ed. Scholle, P. A., Bebout, D. G. & Moore, C. H.), p. 345-440. Memoir of Association of Petroleum Geologist.
- Johnson, J.H., 1962. The algal genus *Lithothamnium* and its fossil representatives. *Colorado School of Mines Quarterly*, 1: 1-111.
- Jones, B. & Pemberton, G., 1988. *Lithophaga* borings and their influence on the diagenesis of corals in the Pleistocene Ironshore Formation of Grand Cayman Island, British West Indies. *Palaios*, 3: 3-21.
- Joysey, K.A. 1959. Probable cirripede, phoronid, and echiuroid burrows within a Cretaceous echinoid test. *Palaeontology*, 1(4): 397-400.
- Kauffman, E.G. 1969. Form, Function and Evolution. In: MOORE, R. C., ed., *Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt. N, Mollusca 6, Bivalvia*. Boulder: Geological Society of America, Lawrence, University of Kansas Press. V. 1, p. N130-N205.
- Kegel, W. 1953. In: Relatório anual do Diretor (ano 1952). Boletim DGM/DNPM, 80p.
- Kegel, W. 1955. Nota sobre os microfósseis do fosfato cretáceo de Pernambuco. *Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim*, 3(1): 73-76.
- Kegel, W. 1957. Novo membro fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior) de Pernambuco. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 29: 373-375.
- Kelly, S. R.A., 1980. *Hiatella* – a Jurassic squatter?. *Paleontology*, 23: 769-781.
- Kelly, S.R.A. & Bromley, R.G. 1984. Icnological nomenclature of clavate borings. *Paleontology*, 27: 793-807.

- Kennedy, W.J., & Macdougall, J.D.S. 1969. Crustacean burrows in the Weald Clay (Lower Cretaceous) of south-eastern England and their environmental significance. *Paleontology*, **12**:459-471.
- Kern, J.P., Grimmer, J.C. & Lister, K.H. 1974. A new fossil spionid tube, Pliocene and Pleistocene of California and Baja California. *Journal of Paleontology*, **48**: 978-982.
- Kidwell, S.M. & Bosence, D.W. 1991 Taphonomy and time averaging of marine shelly faunas. In: Allison, P. A. & Briggs, D. E. G. (eds.), *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*, Plenum Press, p. 115-209.
- Kidwell, S., Fursich, F.T. & Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*, **1**: 228-238.
- Kidwell, S.M. & Holland, S.M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*, **6**: 426-434.
- Kobluk, D.R.; Pemberton, S.G.; Karolyi, M. & Risk, M.J. 1977. The Silurian-Devonian disconformity in Southern Ontario. *Bulletin of Canadian Petroleum Geologist*, **25**: 1157-1186.
- Kowalewski, M. 1993. Morphometric analysis of predatory drillholes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **102**: 69-88.
- Kowalewski, M. 1997. The reciprocal taphonomic model. *Lethaia*, **30**: 86-88.
- Leymerie, M.A. 1841. Mémoire sur le terrain Crétacé du département de l'Aube contenant des considerations générales sur le terrain Néocomien. *Mémoires de la Société Géologique de France*, **4**:291-364.
- Leymerie, M.A., 1842. Suite des mémoires sur le terrain Crétacé du Département de l'Aube: *Mémoires de la Société Géologique de France*, **5**: 1-34.
- Lima, F.H.O. & Koutsoukos, E.A.M. 2002. Calcareous nannofossil biostratigraphy in the Maastrichtian of the Pernambuco-Paraíba Basin, NE Brazil. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 6, São Pedro. *Boletim de Resumos*, 279-284.
- Lima, F.H.O. & Koutsoukos, E.A.M. 2004. Petrografia e microfácies das rochas carbonáticas da Formação Gramame (Maastrichtiano), Bacia de Pernambuco-Paraíba, NE-Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Araxá. *Boletim de Resumos em CD-Rom*.
- Lima, M.R., 1985. *Primeiros resultados palinológicos de sedimentos da bacia costeira Pernambuco-Paraíba*. In: Fortaleza, Congresso Brasileiro de Paleontologia, 9. SBP, p. 29.
- Lima, W., Santos, P.R.S., Galm, P.C. & Ortiz, J.D., 1996. Preliminary biostratigraphic and palaeontological survey in the Pernambuco-Paraíba Basin, Northeastern Brazil. *South Atlantic Correlations News*, **5**: 31-33.
- Lima Filho, M.F, 1998. *Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 139p.

- Lima Filho, M.F.; Monteiro, A.B. & Souza, E.M. 1998. Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications of the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean. *In: International Congress of Sedimentology*, 15, Alicante, *Abstracts*, 504-505.
- Lima Filho, M.F.; Barbosa, J.A.; Neumann, V.H. & Souza, E.M. 2005. Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba. *In: Simpósio nacional de Estudos Tectônicos*, 5, Curitiba. *Boletim de Resumos*, 45-47.
- Lima Filho, M.F. & Souza, E.M. 2001. *Marco estratigráfico em arenitos calcíferos do Campaniano da Bacia Paraíba: estratigrafia e significado paleoambiental*. *In: XIX Simpósio de Geologia do Nordeste*, Anais, 87- 88.
- Linnaeus, C. 1767. *Systema naturæ*, Tom. I. Pars II. Editio duodecima reformata. 1327p.
- Lorenzo, N. & Verde, M., 2004. Estructuras de bioerosión em moluscos marinos de la Formación Villa Sorino (Pleistoceno Tardio-Holoceno) de Uruguay. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(3): 319-238.
- Mabesoone, J.M. 1991. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. UFPB, João Pessoa, *Série Estudos e Pesquisas*, 10, 252p.
- Mabesoone, J.M. 1994. *Sedimentary basins of Northeast Brazil*. UFPE/Departamento de Geologia, Recife, 308p.
- Mabesoone, J.M. 1996-a. Significance of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin (NE Brazil) for the Atlantic Cretaceous. *SAMC News*, 5: 37-38.
- Mabesoone, J.M. 1996-b. *Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte*. *In: Rio Claro, Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil*, 4: 81-84.
- Mabesoone, J.M. & Alheiros, M.M. 1988. Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. *Revista Brasileira de Geociências*, 18: 476-482.
- Mabesoone, J.M. & Alheiros, M.M. 1991. Base Estrutural. *In: J.M. Mabesoone (coord.), Faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte*. *Estudos Geológicos*, 10(B): 33-43.
- Mabesoone, J.M. & Alheiros, M.M. 1993. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. *Geologie en Mijnbouw*, 71: 351-362.
- MacEachern, J.A.; Pemberton, S.G.; Gingras, M.K.; Bann, K. L. & Dafoe, L.T. 2007. Uses of Trace Fossils in Generic Stratigraphy. *In: Miller III, W., Trace fossils: concepts, problems, prospects* (ed.). Elsevier, Amsterdam, 611 p.
- Magalhães, J., Mezzalana, S. 1953. *Moluscos fósseis do Brasil*. Ministério da Educação e Saúde, Instituto Nacional do Livro, Rio de Janeiro, Série A-4, 283p.

- Mägdefrau, K., 1932. Über einige Bohrgänge aus dem Unteren Muschelkalk von Jena. *Paläont. Zeitschr.*, **14**: 150-160.
- Mägdefrau, K. 1937. Lebensspuren fossiler "Bohr" – Organismen. *Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutsch*, **2**: 54-67.
- Manning, R.B. & Felder, D.L. 1986. The status of the callianassid genus *Calichirus* Stimpson 1866 (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Proc. Biol. Society of Washington*, **99**:437-443.
- Mantell, G.A. 1822. *The fossils of the South Downs*. Relfe, London.
- Mantell, G.A. 1850. *A pictorial atlas of fossil remains*. 207p., Bohn, London.
- Marquina, M.J. 1980. Aportaciones al cuaternario de Vilassar del Mar, Barcelona. *Comunicaciones del primer Congreso Nacional de Malacología, Madrid*, 25-29.
- Martinell, J. 1989. Interacción organismos/sustrato duro: la bioerosion y sus aplicaciones, p. 205-222. In: Aguirre, E. (ed), *Paleontologia. Colección "Nuevas Tendencias"* 10.
- Martinell, J. 1982a. Borings produced by presumed Pliocene brachiopods from l'Empordà (Catalunya). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* **48**: 91-97.
- Martinell, J. 1982b. Echinoid bioerosion from the Pliocene of NE Spain. *Geobios* **15**: 249-253.
- Martinell, J. & Domènech, R. 1981. Boring activity of epibionts in an early Holocene molluscan fauna of Spanish Catalunya. *Acta Geològica Hispànica* **16**:145-149.
- Martinell, J. & Domènech, R. 1985. Característiques tafonòmiques I paleoecològiques del Pliocè marí de l'Empordà: Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona, *Sèrie Monogràfica*, **6**: 1-66.
- Martinell, J.; Domènech, R. & Bromley, R.G. 1999. Mysterious boring hidden within the hinge plates of heterodont bivalves. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **45**: 161-163.
- Martinell, J.; Marquina, M.J. & Domènech, R. 1984. Moluscos y crustáceos: una relación traumática. Evidencias del Plioceno catalán. *Acta Geologica Hispanica*, **17**: 11-19.
- Martinius, A. W. & Molenaar. 1991. A coral-mollusc (*Goniaraea- Crassatella*) dominated hardground community in a siliciclastic-carbonate sandstone 9 the Lower Eocene Roda Formation, Southern Pyrenees, Spain) *Palaios*. **6**(2): 142-155.
- Martinsson, A. 1965. Toponomy of trace fossils. In: Trace Fossils. Crimes, T. P. & Harper, J. C. (eds.), *Geological Journal Special Issues*, **3**:323-330.
- Mayer, G. 1952. Lebensspuren von Bohrorganismen aus dem Unteren Hauptmuschelkalk (Trochitenkalk) des Kraichgaves. *Neues Jarhbuch Geologie Paläontologie Monatshefte*, 450-456.

- Mayoral, E. 1986a. *Tafonomía y Paleontología del Plioceno de Huelva-Bonares*. Tese de Doutorado. Universidade de Sevilha, Sevilha, 599 pp.
- Mayoral, E. 1987a. Acción bioerosiva de mollusca (Gastropoda, Bilvalvia) en el Plioceno inferior de la Cuenca del Bajo Guadalquivir. *Revista Española de Paleontología*, **2**: 49-58.
- Mayoral, E. 1987b. *Stellichnus* nov. icnogen., huellas de incrustación atribuidas a *Paravinella* nov. gen. (Bruzozoa, Ctenostomata) de la Formación Arenas de Huelva (Plioceno inferior) em la Cuenca del Bajo Guadalquivir, España. *Revista Española de Paleontología*, **2**: 33-40.
- Mayoral, E. 1988. *Pennatichnus* nov. icnogen.; *Pinaceocladichnus* nov. icnogen. E *Iranema*. Huellas de bioerosión debidas a Bryozoa perforantes (Ctenostomata), Plioceno inferior em la Cuenca del Bajo Guadalquivir. *Revista Española de Paleontología*, **3**: 13-22.
- Mayoral, E. 1991. Actividad bioerosiva de Briozoos Ctenostomados em el Ordovícico superior de la zona Cantábrica del Mazico Hspérico (Cabo Vidrias, Oviedo). *Revista Española de Paleontología*, **6**: 27-37.
- Mayoral, E. Gutierrez Marco, J.C. & Martinell, J. 1994. Primeras evidencias de Briozoos perforantes (Ctenostomados) em braquiopódos ordovícicos de los Montes de Toledo (Zona Centro Ibérica Meridional, Espana). *Revista Española de Paleontología*, **9**: 185-195.
- Mayoral, E. & Muñiz, F. 1996. La icnofacies de Gnathichnus en el sector suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (Lepe, Huelva, Espana). *Colóquios de Paleontología*, **48**: 87-102.
- Mayoral, E. & Muñiz, F. 2002. Pistas fósiles del Plioceno de Huelva (Espana). *Pliocenica*, **2**: 65-100.
- Mayoral & Sequeiros, L. 1979. Significado de algunos epizoos y “borers” del Jurásico inferior y medio de Belchite (Zaragoza, Cordillera Ibérica). *Cuadernos de Geología*. **10**: 121-135.
- Maury, C.J. 1912. A contribution to the Paleontology of Trinidad. *Journal of the Academy of Natural Science of Philadelphia*, **15**: 23-112.
- Maury, C.J. 1924. *Fósseis terciários do Brasil, com descrição de novas formas cretaceas*. Min. Brasil, Rio de Janeiro, 305p., 35 est.
- Maury, C.J. 1930. *O Cretáceo da Parahyba do Norte*. Serviço Mineralógico do Brasil., Rio de Janeiro, 305p, 35 est.
- Mayr, E., Linsley, E. G., Usinger, R. L. 1953. *Methods and Principles of Systematic Zoology*. McGraw-Hill, New York, 328p.
- McGraw, K.A. & Gunter, G. 1972. Observations on the killing of the Virginia oyster by the Gulf oyster borer, *Thais haemastoma*, with evidence of a paralytic secretion. *Proceedings of the Natural Shellfish Association*, **62**: 95-97.

- Meldhal, K.M. & Flessa, K. W. 1990. Taphonomic pathways and comparative biofacies and in a recent intertidal/shallow shelf environment. *Lethaia*, **23**: 43-60.
- Miller III, W. 2007. *Trace Fossils: concepts, problems, prospects*. Elsevier, 611p.
- Minnery, G.A.; Rezak, R. & Bright, T. J. 1985. Depth-Zonation and growth form of crutose coralline algae: Flower Garden Bank, Northwestern Golf of Mexico. In: Toomey, D. F. & Nitecki, M. H. (eds): *Paleoalgology*, p. 237-242, 5 figs. Berlin.
- Mikuláš, R. 1992. Early Cretaceous borings from Štramperk (Czechoslovakia). *Časopis pro mineralogii a geologii*, roč. 37, č. 4: 297-322.
- Moore, R.C. 1966. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part W, Miscelania*. Geological Society of America e University of Kansas Press, 259p.
- Morris, J. 1851. Palaeontological notes. *Annals and Magazine of Natural History, Series*, **2**(8): 85-86.
- Morris, J. 1854. *A catalogue of British fossils*. 2nd ed. London.
- Müller, G. 1968. *Bohr-Röhren von unbekanntem Anneliden und anderen Organismen in unterdevonischen Brachiopodenklappen aus der Eifel und dem Seigerland (Rheinisches Schiefergebirge)*. Inaug. Diss. Köln, 121p.
- Muniz, G.C.B. 1993. *Novos Moluscos da Formação Gramame, Cretáceo Superior dos Estados da Paraíba e Pernambuco, Nordeste do Brasil*. Departamento de Geologia. Universidade Federal de Pernambuco. Publicação Especial 1, 202p.
- Muniz, G.C.B. & Almeida, J.A.C. 1989. Perfurações em Invertebrados da Formação Maria Farinha, Terciário Inferior da Bacia Pernambuco-Paraíba. In: Fortaleza, Simpósio de Geologia do Nordeste, *Atas*, **11**: 184-187.
- Muniz, G.C.B. & Ramirez, L.V.O. 1977. Observações ichnológicas preliminares na Formação Maria Farinha, Paleoceno de Nordeste. VIII Simp. Geol. Nord. Campina Grande. *Atas*, **6**: 111-119.
- Nestler, H. 1960. Ein Bohrswamm aus der weissen Schreibkreide (Unt. Maastricht) der Insel Rügen (Ostsee). *Geologie*, **9**(6): 650-661.
- Netto, R.G. 2001. Icnologia e Estratigrafia de Seqüências. In: Ribeiro, H.J.P.S. Estratigrafia de Seqüências: fundamentos e aplicações. São Leopoldo, RR.. Ed. Da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 428p.
- Neumann, A.C. 1966. Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponge *Cliona lampa*. *Lymnology and Oceanography* **11**:92-108.
- Neumann, C. 2000. Evidence of predation on Cretaceous sea stars from north-west Germany. *Lethaia*, **33**(2): 65-70.

- Neumann, V.H.; Barbosa, J.A.; Mabelsoone, J.M., 2004. The stratigraphic characteristics of the Paraíba basin, Northeast Brazil: a reconsideration. In: IAS 2004 23rd Meeting, 2004, Coimbra. Abstracts in CD room, 2004. v. CD.
- Nielsen, J.K. 2002. Borings formed by Late Cretaceous endobiontic foraminifers within larger benthic foraminifers. *Acta Palaeontologica Polonica*, **47**: 673-678.
- Nielsen, K.S.S. & Görmüş, M. 2004. Ichnotaxonomy and ethology of borings in shallow-marine benthic foraminifers from the Maastrichtian and Eocene Northwestern and Southwestern Turkey. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **110**(2): 493-502.
- Nielsen, K.S.S. & Nielsen, J.K. 2001. Bioerosion in Pleistocene to late Holocene tests of benthic and planktonic foraminiferans, with a revision of the ichnogenera *Oichnus* and *Tremichnus*. *Ichnos* **8**: 99-116.
- Oliveira, A.I. & Leonardos, O.H. 1943. *Geologia do Brasil*. 2 ed., s. n., Rio de Janeiro, Ser. Didática n. 2., 813p.
- Oliveira, P.E. 1940. *História da pesquisa do petróleo no Brasil*. Serviço de Publicidade Agrícola, Rio de Janeiro, 208p.
- Oliveira, P.E. 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 do Departamento Nacional de Produção Mineral*, **146**:7-34.
- Oliveira, P.E. 1957. Invertebrados cretácicos do fosfato de Pernambuco. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral*, **172**: 1-29.
- Oliveira, P.E. & Silva Santos, R. 1950. Fósseis Cretáceos da Ilha de Itamaracá. Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **22**(1): 107-112.
- Oliveira, P.E. & Ramos, J. R.A. 1956. Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral*, **151**: 60p.
- Oliveira, P.E. & Santos, M.E.M. 1969. *Invertebrados fósseis da Formação Maria Farinha*; II. Bivalvia. In: Salvador, Congresso Brasileiro de Geologia, 23, p.60.
- Oliveira, L. T.; Demetrio, J. G. A.; Tomé, M. E. T. & Vasconcelos, C. L. 2003. Análise da geometria dos aquíferos costeiros da porção norte da região metropolitana do Recife-Pe a partir de perfis litológicos de poços tubulares. *Revista Águas Subterrâneas* **17**: 9-22.
- Osgood, R.G. 1975. *The history of invertebrate ichnology*. In *The study of trace fossils* (ed. R. W. Frey). Springer-Verlag, New York, pp. 3-12.
- Palmer, T.J. & Palmer, C.D. 1977. Faunal distribution and colonization strategy in a Middle Ordovician hardground community. *Lethaia* **10**: 179-199.

- Palmer, T.J. & Wilson, M.A., 1988. Parasitism of Ordovician bryozoans and the origin of pseudoborings. *Palaeontology*, **31**: 939-949.
- Palmqvist, P. 1991. Differences in the fossilization potencial of bivalve and gastropod species related to their life sites and trophic resouces. *Lethaia*, **24**:287-288.
- Parkinson, J. 1808. *Organic remains of a former world. II. The fossil Zoophytes*, 286 p. London.
- Parsons, K.M. & Brett, C.E. 1991. Taphonomic processes and bases in modern marine environments: an actualistic perspective on fossil assemblage preservation. In: Donovan, S.K. (Coord.), *The Process of fossilization*, Columbia University Press, p. 22-65.
- Pedley, S.H. 1979. Miocene bioherms and associated structures in the Coralline Limestone of the Maltese Islands; their lithification and paleoenvironment. *Sedimentology*, **26**: 577-593.
- Pemberton, S.G. & Frey, R.W. 1982. Trace fossil nomenclature and the Planolites-Palaeophycus dilemma. *Journal of Paleontology*, **56**:843-81.
- Pemberton, S.G.; Kobluk, D.R.; Yeo, R.K. & Risk, M.J. 1980. The boring *Trypanites* at the Silurian-Devonian disconformity in Southern Ontario. *Journal of Paleontology*, **54**(6): 1258-1266.
- Penna, L. 1965. Formação Maria Farinha (Paleoceno), Estado de Pernambuco, Brasil: malacofauna e considerações paleoecológicas. *Departamento de Zoologia, Secretaria de Agricultura de São Paulo*, **21**: 259-276.
- Péter, K., 2003. Bioeróziós nyomok also-miocén osztrigákon (Bánhorváti, Csiga-tető). *Folia Histórico-naturalia Musei Matraensis*, **27**: 33-37.
- Pether, J. 1995. *Belichnus* new ichnogenus, a ballistic trace on mollusc shells from the Holocene of the Benguela Region, South Africa. *Journal of Paleontology*, **69**(1): 171-181.
- Pickerill, R.K., Donovan, S.K. & Mitchell, S.F. 1998. Ichnology of Late Pleistocene Port Morant Formation of southeastern Jamaica. *Caribbean Journal of Science*, **34**: 12-32.
- Pickerill, R.K., Donovan S.K. & Portell, R.W. 2001. *Caulostrepsis spiralis* isp.nov., Miocene Grand Bay Formation of Carriacou (Grenadines, Lesser Antilles). *Ichnos*, **8**: 261-264.
- Pickerill, R.K., Donovan, S.K. & Portell, R.W. 2002. Bioerosional trace fossils from the Miocene of Carriacou, Lesser Antilles. *Caribbean Journal of Science*, **38**(1-2): 106-117.
- Pilson, M.E. & Taylor, P.B. 1961. Hole drilling by *Octopus*. *Science*, **134**: 1366-1368.
- Plewes, C.R., Palmer, T.J. & Haynes, J.R. 1993. A boring foraminiferan from the Upper Jurassic of England and northern France. *Journal of Micropalaeontology*, **12**: 83-89.

- Pleydell, S.M. & Jones, B. 1988. Boring of various faunal elements in the Oligocene-Miocene Bluff Formation of Grand Cayman, British West Indies. *Journal of Paleontology*, **62**(3): 348-367.
- Pohowsky, R.A. 1978. The boring ctenostomate Bryozoa: taxonomy and paleobiology based on cavities in calcareous substrata. *Bulletin of American Paleontology*, **73**:1-192.
- Pollard, J.E., Goldring, R. & Buck, S.G., 1993. Icnofabrics containing *Ophiomorpha*: significance in shallow-water facies interpretation. *Journal of the Geological Society*, London, **150**: 149-64.
- Portlock, J.E. 1843. *Report on the geology of the county of Londonderry and parts of Tyrone and Fermanagh*. Her Majesty's Stationary Office, 748p., Dublin & London.
- Postuma, J.A. 1971. *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier Publ. Cia., Amsterdam, 420p
- Poupin, J. 1998. Crustacea Decapoda and Stomatopoda of French Polynesia. *Atoll Research Bulletin*, **451**: 1-62.
- Price, L.I. 1953a. Restos de mosassáurios de Pernambuco e considerações sobre a presença destes répteis na Bacia Amazônica do Brasil. Boletem DGM/DNPM. *Notas Preliminares e Estudos*, **58**: 1-15.
- Price, L.I. 1953b. A presença de pterossáuria no Cretáceo Superior do Estado da Paraíba. Boletim DGM/DNPM. *Notas Preliminares e Estudos*, **71**: 1-10.
- Price, L.I. 1957. A presença de Globidens no Cretáceo Superior do Brasil. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral*, **169**: 1-24.
- Price, W.A. 1916. *Notes on the Paleontology of Raleigh Wyoming, Mc Donell and adjacent counties. Marine invertebrates from the Pottsville series*. West Virginia Geol. Surv. Raleigh Count., West. Port. Mercer Summers Count., p. 663-732.
- Price, W.A. 1918. *Notes on the Paleontology of Barbour, Upshur Counties and the Western portion of Randolph Counties*. Part IV. West Virginia Geological Survey, p. 777-804.
- Pryor, W.A. 1975. Biogenic sedimentation and alteration of argillaceous sediments in shallow marine environments. *Geological Society of America Bulletin*, **86**:1244-1254.
- Quenstedt, F.A. 1849. *Petrefactenkunde Deutschlands, 1. Abt., Die Cephalopoden*. Nebst einem Atlas von 36 tafeln, 580p.
- Quenstedt, F.A. 1858. *Der Jura*. 842 S., 100 Taf., Tübingen.
- Radwanski A. 1969. Lower Tortonian transgression onto the southern slopes of the Holy Cross Mts. *Acta Geologica Polonica*, **19**(1): 164-177.
- Radawanski, A. & Baluk, W. 1997. A biogenic paradigm of shells of the clavatulid gastropods: the trace fossil *Clavatulicola evaephilus* ichnogen. et ichnosp. n. from the

- Middle Miocene localities Korytnica (Holy Cross Mountains, Poland) and Grund (Vienna Basin, Austria). *Acta Geologica Polonica*, **47**:199-210.
- Rand, H.M. 1978. *Análise gravimétrica e gravimetométrica da estrutura sub-superficial da faixa costeira do Nordeste brasileiro*. In: Recife, Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Sociedade Brasileira de Geologia, **5**: 2336-2346.
- Rand, H.M. 1976. *Estudos geofísicos na faixa litorânea ao sul de Recife*. Tese de Livre Docência. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 112p.
- Rathbun, R. 1875. Preliminary report on Cretaceous Lamellibranchs collected in the vicinity of Pernambuco, Brazil, on the Morgan Expedition of 1870, Charles Frederic Hartt in charge. *Proceedings of Boston Society of Natural History*, **17**: 241-256.
- Ravn, J.P.J. 1933. Etudes sur les Pélécytopodes daniens du Calcaire de Faxe. K. Danske Videns., Selsk., Skrift., *Naturvidenkabelig og Mathematisk Afdeling*, **9**(5)2: 1-74.
- Ravn, J.P.J. 1939. Etudes sur les Mollusques du Paléocène de Copenhague. K. Danske Videns. Selskab, *Biologiske Skrifter*, **1**(1):5-106.
- Rebouças, J.C. & Silva Santos, R. 1956. Fauna ictiológica do fosfato de Pernambuco. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral*, **162**: 1-29.
- Reis, O.M. 1922. Über Bohrröhren in fossilen Schalen und über *Spongeliomorpha*. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesell.*, **73**:224-236.
- Rice, M.E. 1969. Possible boring structures of sipunculids. *American Zoologist*, **9**: 803-812.
- Robba, E. & Ostinelli, F. 1976. Studi paleoecologici sul Pliocene ligure. II. Le tracce degli organismi epibionti sui Molluschi plioceni di Albenga. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **82**:501-578.
- Rodriguez, J. & Gutschick, R.C. 1980. *Seminolithes*: the work of a barnacle, not a sponge. *Journal of Paleontology*, **54**: 1356-57.
- Rovereto, G. 1901. Briozoi, Anellidi e Spugne perforanti del Neogene ligure. *Paleontologia Italiana*, **7**: 219-234.
- Roy C.; Allen C; Jennifer J. C.; Mark E.; Tony F.; Helen, F.; Rob G.; John H.; Michel L.; Kirsten L.; Anne M.; P. D. P.; Sarah R.; Judy S.; Brian S.; David S.; Brian S.; Anna T.; Ben W.; Karen L. W. & Colleen W. 2007. Disponível em <www.ucmp.berkeley.edu/arthropoda/crustacea/malacostraca/eumalacostraca>. Acesso em: 15 julho de 2007.
- Rozália, F. 2001. Polychaeta életnyomok vizsgálatá egerien magános korallokon (Wind-féle téglayár, Eger). *Folia Historico-Naturalia Musei Matranensis*, **25**: 5-24.
- Ruellet, T. 2004. *Infestation dès coquilles d'huitres Crassostrea gigas par les polydores en Basse-Normandie: recommandations et mise au point d'un traitement pour réduire cette nuisance*. Tese de Doutorado. Université de Caen/Basse-Normandie, 538p.

- Ruppert, E.E., Fox, R.S. & Barnes, R.D. 2005. *Zoologia dos Invertebrados, uma abordagem funcional-evolutiva*. Roca, 1145p.
- Rützler, K. 1975. The role of burrowing sponges in bioerosion. *Oecologia*, **19**: 203-216.
- Saint-Seine, R. 1951. Un cirripède acrothoracique du Crétacé: *Rogerella lecointrei* nov. gen., nov. sp. *Compt Rendu Hebdominaires des Academie des Siences*, **233**: 1051-1054.
- Saint-Seine, R. 1954. Existence de cirripèdes acrothoraciques dès le Lias: *Zapfella pattei* nov. gen., nov. sp. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **6**(4): 441-451.
- Saint-Seine, R. 1955. Lês cirripèdes acrothoracique échincoles. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **6**(5): 299-303.
- Sando, W.J. 1984. Significance of epibionts on horn corals from the Chainman shale (Upper Mississippian) of Utah. *Journal of Paleontology*, **58**: 185-196.
- Santos, A.A.G. 2005. Tafonomia e Paleoeicnologia do Neogénico Superior do Sector Cacela-Huelva (SE da Ibéria). Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Faro. Tese de Doutoramento, 283p. 12 est.
- Santos, A.; Almeida, J.A.C.; Mayoral, E. & Gamez-Vintaned, J. 2007. Nueva pista meandriforme en sustratos duros del Cretácico superior de la Formación Itamaracá (NE Brasil). (No prelo).
- Santos, A.; Mayoral, E. & Muñiz, F. 2003. New trace fossils produced by etching molluscs from the Upper Neogene of the southwestern Iberian Peninsula. *Acta Geologica Polonica*, **53**(3): 181-188.
- Santos, A., Mayoral, E. & Muñiz, F. 2005. Bioerosion scars of acorn barnacles from the southwestern Iberian Peninsula, Upper Neogene. *Rivista Italiana di Paleontologia*, **111**(1): 109-117.
- Savrda, C.E. 2007. Taphonomy of trace fossils. In: Miller III, W., *Trace fossils: concepts, problems, prospects* (ed.). Elsevier, Amsterdam, 611 p.
- Schafhäutl, K.E. 1851. *Geognostische Untersuchungen des südbayerische Alpengebirges*. Literarischartistische Anstalt München, 208p.
- Schlautt, C.M. & Young, K. 1960. Acrothoracic barnacles from the Texas Permian and Cretaceous. *Journal of Paleontology* **34**: 903-907.
- Seilacher, A. 1953a. Studien zur Palichnologie. I. Über die Methoden der Palichnologie. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **96**:421-452.
- Seilacher, A. 1953b. Studien zur Palichnologie. II. Die fossilen Ruhespuren (Cubichnia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **98**:87-124.

- Seilacher, A. 1964. *Biogenic sedimentary structures*. In: Imbrie J. & Newell, N. (eds.): Approaches to Paleocology, 296-316. Wiley, New York.
- Seilacher, A. 1969. Paleocology of boring barnacles. *American Zoologist*, **9**:705-719.
- Seilacher, A. 1977. Pattern analysis of Paleodictyon and related trace fossils. In: Trace Fossils 2, Crimes, T.P. & Harper, J.C. (Eds), *Geological Journal Special Issues*, **9**: 289-334.
- Simões, M.G. 1998. *Tafonomia, time-averaging e resolução espacial de concentrações fossilíferas internamente complexas: um estudo de casos do Permiano, Bacia do Paraná – Brasil e suas implicações paleoecológicas*. Tese de Livre Docência, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 160p.
- Sognaes, R.F. (ed.) 1963. *Mechanisms of hard tissue destruction*. American Association for Advancement of Science, 75. 764p.
- Sohl, N. 1969. The fossil record of shell boring by snails. *American Zoologist*, **9**(3) ed. 2: 725-734.
- Solle, G. 1938. Die ersten Bohr-Spongien im europäischen Devon und einige andere Spuren. *Senckenbergiana lethaea*, **20**: 154-178.
- Souza, E.M. 2006. *Estratigrafia da seqüência clástica inferior (andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior) da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 350p.
- Souza, E.M. & Lima Filho, M. 2005. Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos (Formação Itamaracá) do Campaniano da Bacia Paraíba à luz da estratigrafia de seqüências. *Revista de Geologia*, **18**(1):61-68.
- Speyer, S.E. & Brett, C.E. 1986. Trilobite taphonomy and Middle Devonian taphofacies. *Palaios*, **1**: 312-327.
- Speyer, S.E. & Brett, C.E. 1988. Taphofacies models for epi-iric sea environment: Middle Paleozoic examples. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **63**: 222-262.
- Stenzel H. B. & Turner F. E. 1944. A Miocene invertebrate fauna from Burkeville, Newton Country Texas. *American Journal of Science*, **242**: 289-308.
- Stephenson, L.W. 1941. The large invertebrate fossils of the Navarro Group of Texas. *University of Texas Publications*, 4101, 641p.
- Stephenson, L.W. 1952. Larger invertebrate fossils of the Woodbine Formation (Cenomanian) of Texas. *United States Geological Survey Professional Papers*, **242**(IV):1-226.
- Stinnesbeck, W. 1989. Fauna y microflora en el limite cretácico-terciario en el Estado de Pernambuco, Nordeste de Brasil. In: Buenos Aires, Simposios Sobre Cretácico De América Latina, Parte A: Eventos y registro sedimentario del cretácico de América

- Latina, Centro de Investigaciones Geológicas, *Facultad de Ciencias Naturales y Museo*, Universidad de La Plata, A:215-230.
- Stinnesbeck W. & Reymont. 1988. Note on a further occurrence of *Soudanella laciniosa* Apostolescu in Brazil. *Journal of African Earth Sciences*, **7**: 779-781.
- Stiller, F. 2005. An early Jurassic *Talpina*-dominated assemblage of borings in bivalve shells from southern Hunan, China, with remarks on the ichnogenus *Talpina* Hagenow, 1840. *Acta Palaeontologica Sinica*, **44**(3): 396-411.
- Taylor, P.D., Wilson, M. & Bromley, R. 1999. A new ichnogenus for etchings made by cheilostome bryozoans into calcareous substrates. *Palaeontology*, **42**: 595-604.
- Tapanila, L. 2006. Devonian *Entobia* borings from Nevada, with a revision of *Topsentopsis*. *Journal of Paleontology*, **80**(4): 760-767.
- Tapanila, L. & Holmer, L.E. 2006. Endosymbiosis in Ordovician-Silurian corals and stomatoporoids: a new lingulid and its trace from Eastern Canada. *Journal of Paleontology*, **80**(4): 750-759.
- Taylor, B.J. 1965. Aptian Cirripedes from Alexander Island. *British Antarctic Survey Bulletin*, **7**(37-42): 39.
- Taylor, P.D. 1990. Preservation of soft-bodied and other organisms by bioimmuration – a review. *Palaeontology*, **33**:1-17.
- Taylor, P.D. & Todd, J.A. 2001. *Bioimmuration*. In: Briggs, D. E. G. & Crowther, P. R. (eds.), *Palaeobiology*, vol.2 Blackwell, Oxford, pp. 285-289.
- Taylor, P.D. & Wilson, M.A. 2002. Paleoecology and evolution of marine hard substrate communities. *Earth-Science Reviews*, **62**:1-103.
- Taylor, P.D., Wilson, M.A. & Bromley, R.G. 1999. A new icchnogenus for etchings by Cheilostome Bryozoans into calcareous substrates. *Palaeontology*, **42**(4): 595-604.
- Teichert, C. 1945. Parasitic worms in Permian brachiopod and pelecypod shells in Western Australia. *Amererican Journal of Science*, **243**: 197-209.
- Tinoco, I. M. 1955. Nota sobre a microfauna do calcáreo creáceo da Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Notas Preliminares e Estudos*, **91**: 1-12
- Tinoco, I.M. 1967. Micropaleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **1**: 81-85.
- Tucker, M.E., & Wright, V. P. 1990. *Carbonate Sedimentology*, Blackwell Science, 482p.
- Tomlinson, J.T. 1963. Acrotoracican barnacles in Paleozoic mylialinids. *Journal of Paleontology*, **37**(1): 164-166.

- Vinn, O. 2004. The earliest known *Trypanites* borings in the shells of articulate brachiopods from the Arenig (Ordovician) of Baltica. *Proceedings of Estonian Academy of Science, Geology*, **53**:257-266.
- Vinn, O. 2005. The distribution of worm borings in brachiopod shells from the Caradoc Oil Shale of Estonia. *Carnets de Géologie* **3**: 1-11.
- Vitalis, S. 1961. Lebensspuren im Salgótarjáner Braunkohlenbecken. Ann. Sci. Budapest. *Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica*, **4**:121-132.
- Vodrážka, R. 2006. *Entobia exogyrarum* (Frič, 1883) from the Upper Cretaceous of the Bohemian Cretaceous Basin. *Ichmos*, **13**(3): 199-201.
- Voigt, E. 1965. Über parasitische Polychaeten in Kreide-Austern sowie einige andere in Muschelschalen bohrende Wurmer. *Paläontologische Zeitschrift*, **39**: 193-211.
- Voigt, E. 1970. Endolitische Wurm-Tunnenbauten (*Lapispecus cuniculus* n.g.n.sp. und *Dodecaceria* (?) sp.) in Brandungsgeröllen der oberen Kreide im nördlichen Harzvorlande. *Geologische Rundschau*, **60**: 355-380.
- Voigt, E. 1971. Fremdkulturen an Steinkernen von Polychaeten-Bohrgängen aus der Maastrichter Tuffkreide. *Paläontologische Zeitschrift*, **45**(3,4):144-153.
- Voigt, E. 1972. Über *Talpina ramosa* v. Hagenow 1840, ein wahrscheinlich zu den Phoronidea gehöriger Bohrorganismus aus der Oberen Kreide. *Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. II. Mathematisch-Physikalische Klasse*, **7**: 93-126.
- Voigt, E. 1975. Tunnelbaue rezenter und fossiler Phoronidea. *Paläontologische Zeitschrift* **49**: 135-167.
- Voigt, E. 1977. On grazing traces produced by the radula of fossil and recent gastropods. In: *Trace Fossils 2*. Crimes, T.P. & Harper, J.C. (Eds.). Geological Journal, Special Issue, **9**: 227-264.
- Warne, J.E. 1975. Borings as trace fossils and the processes of marine bioerosion,. In: Frey, R.W. (ed.), *The Study of Trace Fossils*. Springer-Verlag, New York, p. 181-227.
- Weimer, R.W. & Hoyt, J.H. 1964. Burrows of *Callianassa major* Say, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. *Journal of Paleontology*, **38**: 761-767.
- Wetherell, N. T. 1852. Note on a new species of Clionites. *Annals and Magazine of Natural History*, **10**(2): 354.
- White, C.A. 1887. Contribuições à Paleontologia do Brasil. *Archivos do Museu Nacional*, V. VIII, 273p.
- Williamson, E. 1868. *Geology of Parahyba and Pernambuco gold regions*. Manchester Geological Society Transactions.

- Wilson, M.A. 2007. Macroborings and the evolution of bioerosion, p. 356-367. *In*: Miller, W. III (ed.), *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects*. Elsevier, Amsterdam, 611 p.
- Wilson, M.A. & Palmer, T.J. 1988. Nomenclature of a bivalve boring from the Upper Ordovician of the midwestern United States. *Journal of Paleontology*, **62**: 306-308.
- Wilson, M.A. & Palmer, T.J. 1998. The earliest *Gastrochaenolites* (Early Pennsylvanian, Arkansas, USA): an Upper Paleozoic bivalve boring? *Journal of Paleontology* **72**: 769-772.
- Woodring, W.P. 1971. Zoogeographic affinities of the Tertiary marine molluscan faunas of northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **43**, supl.:119-124.
- Whetherell, N.T. 1852. Note on a new species of *Clionites*. *Annals and Magazine of Natural History*, **2**(10): 354-.
- Wodinsky, J. 1969. Penetration of the shell and feeding on gastropods by *Octopus*. *American Zoologist*, **9**: 997-1010.
- Yip, M. & Madl, P. 2007. Disponível em <www.sbg.ac.at/ipk/avstudio/pierofun/rovigno>. Acesso em 10 de junho de 2007.
- Zapfe, H. 1936. Spuren bohrender Cirripedier in Gastropoden-Gehäusen des Miocäns. *Senckenbergiana*, **18**, 130p.