

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

Francisco Rony Gomes Barroso
**INVERTEBRADOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO IPU (SILURIANO), GRUPO SERRA
GRANDE, BACIA DO PARNAÍBA**

Tese de Doutorado

RECIFE-PE

2016

FRANCISCO RONY GOMES BARROSO
Biólogo, Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2010
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, 2012

**INVERTEBRADOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO IPU (SILURIANO), GRUPO SERRA
GRANDE, BACIA DO PARNAÍBA**

Tese apresentada à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Profa. Dra. Sonia Maria Oliveira Agostinho e sob a coorientação da Profa. Dra. Maria Somália Sales Viana, como preenchimento parcial para obtenção do grau de Doutor em Geociências, área de concentração Geologia Ambiental e Sedimentar.

RECIFE, PE
2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicèa Alves, CRB-4 / 1260

B277i Barroso, Francisco Rony Gomes.
Invertebrados fósseis da formação IPU (siluriano), grupo serra Grande, bacia do Parnaíba / Francisco Rony Gomes Barroso. - 2016. 107folhas, Il. e Tabs.;

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Maria Oliveira Agostinho.
Coorientação: Prof^a. Dra. Maria Somália Sales Viana.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Geociências, 2016.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Geociências. 2. Fósseis. 3. Anêmonas-do-mar. 4. Ceará.
5. Siluriano I. Agostinho, Sônia Maria Oliveira. (Orientadora) II. Viana, Maria Somália Sales. (Coorientadora). III. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2016-36

**INVERTEBRADOS FÓSSEIS DA FORMAÇÃO IPU (SILURIANO), GRUPO SERRA
GRANDE, BACIA DO PARNAÍBA**

Francisco Rony Gomes Barroso

Aprovada em: 19/12/2016

Dr. Antonio Carlos Sequeira Fernandes

Dr. Mário Ferreira de Lima Filho

Dr. Sandro Marcelo Scheffler

Dr. Sonia Maria Oliveira Agostinho

Dr. Vladimir de Araújo Távora

Dedico este trabalho à minha família, minhas mães Rita Gomes Barroso e Raimunda Ribeiro Sampaio, meus pais José Barroso Sobrinho e Euclides Sampaio, irmãs, irmãos e sobrinhos, que juntos tornaram possível a minha chegada até aqui.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo - ANP, Gás Natural e Biocombustíveis/Programa de Recursos Humanos (PRH-26), pela concessão da bolsa de estudo com apoio financeiro em todas as etapas deste trabalho.

À Universidade Federal de Pernambuco-UFPE; ao Programa de Pós-Graduação em Geociências; aos professores e secretários desse programa; ao Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental-LAGESE pelo apoio logístico;

Ao Departamento Nacional da Produção Mineral- DNPM, superintendência Recife, que forneceu documentos necessários para a saída e retorno dos fósseis ao Brasil.

Ao Museu Dom José-MDJ, em Sobral-CE, e ao diretor Antenor Coelho, por permitir o acesso e uso do espaço para pesquisa.

Ao Laboratório de Paleontologia-LABOPALEO da Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA e sua coordenadora Profa. Dra. Maria Somália Sales Viana.

À Profa. Dra. Sonia Maria Oliveira Agostinho, minha orientadora, pelos comentários, auxílio bibliográfico e incentivo que contribuíram imensamente para o desenvolvimento dessa tese.

Agradeço à Profa. Dra. Maria Somália Sales Viana (UVA) pela atenção dedicada, contribuindo com valiosas sugestões neste trabalho durante as pesquisas de campo e laboratório, beneficiado por sua competência, ética e experiência em pesquisa.

Ao Prof. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho, estando sempre acessível e contribuindo com informações sobre a estratigrafia e outros aspectos geológicos.

À Profa. Dra. Mírian Liza Alves Forancelli Pacheco (UFSCar) pelo incondicional apoio em todas as etapas desta pesquisa, articulando contatos entre diferentes pesquisadores de universidades do Brasil e do exterior, para obtenção de dados, discussões, revisão de trabalhos científicos e auxílio na divulgação dos resultados em eventos sobre paleontologia. Muito obrigado!

Ao Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild (USP), pela visita de campo no Ceará, revisão desse trabalho, contribuindo com críticas construtivas, indagações e revelando considerável paciência e disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Marques (USP) pelos comentários e correções, ao longo dessa pesquisa, contribuindo também com visitas à campo e no entendimento da morfologia dos fósseis. Muito Obrigado!

Ao Dr. Alex Liu (University of Bristol, Inglaterra) que auxiliou nas análises de tomografia computadorizada, em estudos de anatomia comparada, além de facilitar o acesso à referida Universidade.

À Dra. Kelly Vargas pelo auxílio na montagem das fotografias obtidas e instruções sobre o uso do programa AVIZO 3D.

À Profa. Zenilda Vieira Batista (UFAL) pela descrição das lâminas petrográficas.

À Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme (USP) pelas discussões iniciais e por facilitar etapas necessárias dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Cândido Augusto Veloso Moura (UFPA) pela disponibilização de dados geológicos.

Ao Prof. Dr. Sérgio Pacheco Neves (UFPE) que auxiliou nas pesquisas de campo.

Ao Prof. Dr. Douglas Galante pelas análises físicas realizadas nos fósseis.

Ao Prof. Dr. João Aduino Souza Neto que sempre resolveu prontamente todos os assuntos burocráticos referentes à bolsa e auxílios cedidos pelo PRH-26.

Ao técnico de laboratório José Fidelis da Silva Filho que confeccionou as lâminas petrográficas.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Dr. Mário Ferreira de Lima Filho, Dr. Sandro Marcelo Scheffler, Dra. Sonia Maria Oliveira Agostinho e Dr. Vladimir de Araújo Távora pela criteriosa análise da tese apresentada.

À doutoranda Maria de Jesus Gomes de Sousa, da Universidade Federal do Ceará (UFC), pela indicação da presença de fósseis no Balneário Bica do Ipu.

Ao Professor Antonio Alancardé pela disponibilidade nos trabalhos de campo, por ter apresentado novos afloramentos para esta pesquisa e pela sua luta na preservação dos fósseis de Pacujá.

Aos alunos da pós-graduação da UFPE: César Filgueiras (confeção de mapas), Robbyson Mendes Melo (edição de imagens), Wilson Rodrigues (auxílio na pesquisa de campo), João Pedro Santana e Rafaela Henrique (fotografias das lâminas petrográficas).

Às amigas do LAGESE: Cecília Barros, Clarissa Gomes, Flávia Azevedo e Gina Cardoso pelo apoio junto às atividades nesse laboratório.

À Janice Gomes pelo apoio junto ao Departamento de Geologia.

Aos bolsistas do LABOPALEO: Jarbas Negreiros, Danilo Sales e Victor Paula pela ajuda nas pesquisas de campo.

Às irmãs Portelas - Eronalda, Luana e Moemia – e à Michele Araújo pela gentileza e amizade dispensada a mim durante as estadias em Sobral-CE.

À Família Lira, na pessoa de Dona Maria José, pelo apoio durante a minha estadia em Recife.

Resumo: Este trabalho apresenta considerações sistemáticas, paleobiológicas, paleoecológicas e tafonômicas dos fósseis de invertebrados da Formação Ipu, Grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba. Foram analisadas feições sedimentológicas, estratigráficas e paleontológicas mais 138 fósseis, oriundos de 20 afloramentos dos municípios de Ipu, Pacujá, Reriutaba e Santana do Acaraú, com extensão de cerca de 100 km, concentrados ao longo do Lineamento Transbrasiliano-Kandi, principalmente. Há quatro fácies nessa Formação, distinguidas pela ampla variação litológica: conglomerado, arenito-conglomerático, arenito grosso com níveis cascalhosos; arenito grosso a médio. Os fósseis são atribuídos à ordem Anthozoa (anêmonas-do-mar), filo Cnidaria, pois possuem: disco oral, disco aboral, coluna, tentáculos, abertura bucal, cavidade interna e possivelmente mesentérios. Estudos paleobiológicos apontam capacidade de escavação no substrato, expansão e contração do disco oral, representando um raro registro paleontológico conhecido como comportamento fossilizado. Pesquisas paleoecológicas sugerem que o ambiente transicional, raso, de alta energia, permitiu condições eutróficas, favorecendo a agregação dos antozoários, com abundância de 20 indivíduos/m², associados aos icnofósseis de outros invertebrados. Dados de oito classes tafonômicas apoiam modo de vida bentônico, incorporação de sedimento no corpo associada à preservação dos fósseis, encontrados em posição de vida e soterrados rapidamente. A assembleia nomeada de Biota de Pacujá é útil para correlação estratigráfica intrabacinal, pela ampla distribuição regional em diferentes litologias da Formação Ipu, além de conter novas evidências sobre a diversificação e inovações evolutivas dos cnidários.

Palavras-chave: Fósseis. Anêmonas-do-mar. Ceará. Siluriano.

Abstract: This work shows systematics, paleobiological, paleoecological and taphonomic considerations of invertebrates fossils from Ipu Formation, Serra Grande Group, Parnaíba Basin. Sedimentological, stratigraphic and paleontological features were analyzed plus 138 fossils, coming from 20 outcrops of cities of Ipu, Pacujá, Reriutaba and Santana do Acaraú, with extension around 100 km, located along Transbrasiliano-Kandi Lineament mainly. There are four facies at this Formation, distinguished by the wide range lithological: gravelstone, gravelly sandstone, sandstone with gravelly levels, coarse to middle sandstone. The fossils are related to Order Anthozoa (sea anemones), Filo Cnidaria, because they have: oral disc, aboral disc, column, tentacles, mouth, internal cavity and mesenteries possibly. Paleobiological studies set ability for burrowing in substrate, expansion and contraction of oral disc, representing a rare paleontological record assigned to *frozen-behaviour*. Paleoecological searches suggest the fluviomarine environment, shallow, high energy, allowed eutrophic conditions, favoring the aggregation of sea anemones, with plenty of 20 individuals/m², associated with other invertebrates traces fossils. Data of eight taphonomic classes support benthic life way, incorporation of sediment inside the body related to preservation, found in life position and quickly smothered. The fossil assemblage is named as Biota of Pacujá and it is useful for stratigraphic correlation because of wide regional distribution at different lithology of Ipu Formation, besides having new evidences about diversification and evolutionary innovations of cnidarians.

Keywords: Fossils. Sea anemones. Ceará. Silurian.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos fósseis e características geológicas.....	19
Figura 2. Coleta de fósseis.	20
Figura 3. Caracterização morfológica dos fósseis e método de medição.....	22
Figura 4. Espécimes analisados com o uso da tomografia computadorizada.	24
Figura 5. Carta estratigráfica com as unidades da Bacia do Parnaíba.....	27
Figura 6. Mapa geológico das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luis.	28
Figura 7. Estrutura corporal de um pólipó antozoário.....	30
Figura 8. Principais características dos afloramentos fossilíferos	34
Figura 9. Fácies e estruturas sedimentares observadas no campo.	37
Figura 10. Classificação dos arenitos representando as três fácies fossilíferas.....	38
Figura 11. Disco oral com estruturas raiadas, vestígios e círculo mediano.....	42
Figura 12. Estruturas circulares na margem interna do disco externo.....	43
Figura 13. Sugestiva sequência de fechamento do disco oral.....	45
Figura 14. Diversidade de formas do disco oral fechado.....	46
Figura 15. Diversidade morfológica da coluna e região aboral.....	48
Figura 16. Diversidade morfológica da coluna e região aboral.....	49
Figura 17. Possível existência de mesentério.	50
Figura 18. Visualização de cavidade interna em MDJ Ed-10	50
Figura 19. Visualização de cavidade interna em MDJ Ed-09.	51
Figura 20. Modificações da região aboral.....	53
Figura 21. Afloramento de Pacujá com formas aparentemente discoides.....	57
Figura 22. Classe tafonômica 5	59
Figura 23. Classe tafonômica 6	59
Figura 24. Classe tafonômica 7	60
Figura 25. Classe tafonômica 8.	60
Figura 26. Sugestiva presença de simetria radial comparável a cnidários.	63
Figura 27. Importância estratigráfica dos fósseis	66
Figura 28. Mudanças da cobertura glacial entre o Ordoviciano e Siluriano.....	67
Figura 29. Relação dos músculos na abertura e fechamento do disco oral de <i>Tealia felina</i>	69
Figura 30. Desenhos esquemáticos de abertura e fechamento do disco oral	69
Figura 31. Diferentes formas de <i>Metridium senile</i>	71

Figura 32. Relação entre a morfologia das anêmonas-do-mar e atividades vitais. ..	72
Figura 33. Processo de escavação de <i>Peachia hastata</i> na areia.....	73
Figura 34. Diagrama do ciclo de eversão-introversão de <i>Peachia hastata</i>	74
Figura 35. Diversidade morfológica da fisa na região aboral.....	75
Figura 36. Principais grupos de Hexacorallia plotados contra o tempo	79
Figura 37. Aglomerações de formas discoides semelhantes, mas geradas por diferentes grupos e processos tafonômicos.	80
Figura 38. Perda de estruturas morfológicas e condições ambientais associadas...	82
Figura 39. Desenho esquemático sobre o modo de preservação dos fósseis	83
Figura 40. Modo de agregação da fauna de invertebrados bentônicos.....	85
Figura 41. Anêmonas-do-mar associada aos icnofósseis	86
Figura 42. O modo de ocupação do substrato e a relação entre a morfologia e comportamento.	87
Figura 43. Diversidade do tamanho dos grãos nos substratos inconsolidados e os fósseis associados	89
Figura 44. Comportamento de cobertura.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Afloramentos visitados com suas respectivas fácies, localização, coordenadas e altitude.	36
Tabela 2. Descrição petrográfica das rochas sedimentares da Formação Ipu.	39
Tabela 3. Tafofácies registradas.....	62
Tabela 4. Comparação entre anêmonas-do-mar e similares no registro fóssil.	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Discriminação dos fósseis da Coleção de Paleontologia, no MDJ.	54
Gráfico 2. Tipos e quantidade de caracteres relacionados ao grupo dos actiniários, observados na coleção do MDJ.	54
Gráfico 3. Quantidade absoluta da diversidade morfológica da coluna e região aboral na coleção do MDJ.....	55
Gráfico 4. Distribuição dos espécimes nas classes tafonômicas, com dados em percentagem.	61

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	16
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.4 ÁREA DE ESTUDO	18
1.5 MATERIAL E MÉTODOS	18
1.5.1 Pesquisa de campo.....	20
1.5.2 Pesquisa de Laboratório	21
1.5.2.I Análise Petrográfica.....	21
1.5.2.II Análise morfométrica	21
1.5.2.III Tomografia computadorizada (CT-Scan).....	23
CAPÍTULO 2: BACIA DO PARNAÍBA	25
CAPÍTULO 3: FILO CNIDARIA	29
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	29
3.2 REGISTRO PALEONTOLÓGICO.....	30
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	33
4.1 PESQUISA DE CAMPO	33
4.2 ANÁLISE PETROGRÁFICA	38
4.3. ANÁLISE MORFOMÉTRICA	40
4.3.1 Disco oral	40
4.3.1.I Estruturas raiadas ou tentáculos	41
4.3.1.II Estrutura circular central ou abertura bucal	41
4.3.1.III Estruturas circulares ou vestígios de tentáculos.....	41
4.3.1.IV Abertura e/ou fechamento do disco oral.....	43
4.3.2 Coluna.....	46

4.3.2.I Divisões radial e longitudinal ou mesentérios	47
4.3.2.II Cavidade interna e estruturas anelares sobrepostas:.....	47
4.3.3 Disco aboral com fisa	52
4.4 ESTUDO TAFONÔMICO BÁSICO	52
4.4.1 Feições sedimentológicas	55
4.4.2 Feições bioestratinômicas.....	55
4.4.3 Feições diagenéticas.....	56
4.4.4 Feições paleoecológicas	56
4.4.5 Classes tafonômicas	56
CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO.....	64
5.1 ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO	64
5.2 RELAÇÕES ENTRE AS ANÁLISES MORFOMÉTRICAS DOS FÓSSEIS E A PLASTICIDADE MORFOLÓGICA DAS ANÊMONAS-DO-MAR ATUAIS.....	65
5.2.1 Expansão e contração do disco oral	65
5.2.2 Esqueleto hidrostático e modificação da coluna	68
5.2.3. Ciclo de eversão-introversão da fisa	72
5.3 AFINIDADES DOS INVERTEBRADOS DO CEARÁ COM FÓSSEIS DE ANÊMONAS-DO-MAR.....	75
5.4 ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA.....	79
5.5 PALEOECOLOGIA	84
5.5.1 Interações ecológicas.....	84
5.5.2 Habitação	87
5.5.3 Tipo e consistência do substrato, e as adaptações dos organismos.....	88
5.5.5 Comportamento de cobertura	88
CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE.....	101

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta pesquisa surgiu da necessidade de revisão de uma assembleia fossilífera enigmática composta de invertebrados e icnofósseis, no noroeste do Estado do Ceará, na Formação Ipu, Grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba. Trabalhos recentes publicados sobre essa biota, baseados apenas nas análises das características morfológicas (Barroso, 2012; Barroso *et al.*, 2014), mostram uma interpretação equivocada sobre essa ocorrência. Por isso, outras abordagens analíticas são necessárias, integrando métodos modernos que podem revelar morfologias e ajudar na precisão de novas ideias sobre taxonomia.

Nesse sentido, os fósseis do noroeste do Ceará foram revisados neste trabalho por meio de estudos: morfológicos (identificação de características dos espécimes para inclusão em táxons correspondentes); tafonômicos (modo de fossilização e como os processos envolvidos afetaram a biota); paleobiológicos (crescimento, movimento, reprodução e alimentação); paleoecológicos (associações entre os diferentes tipos de fósseis, relacionamentos intra e interespecíficos, bem como adaptações ao substrato); e estratigráficos (distribuição e ordenamento das camadas fossilíferas). Todas essas abordagens são necessárias para o entendimento de questões importantes no estudo da paleontologia, especialmente de invertebrados.

Por meio dessa tese, espera-se contribuir para a paleontologia de invertebrados do Siluriano, especialmente para o grupo dos cnidários da ordem Actiniaria (anêmonas-do-mar), classe Anthozoa, com raros registros fossilíferos, mas que no noroeste do Ceará esse registro apresenta-se abundante, com ampla ocorrência associada à pluralidade litológica e revelando grande importância dessa rica e única descoberta no Brasil.

1.2 JUSTIFICATIVA

Desde a descoberta de um importante registro paleontológico, em 2004, na região de Pacujá, pelo morador Prof. Antonio Alancardé Leopoldino, revelaram-se grandes abundância e diversidade de icnofósseis em arenitos da Formação Ipu. As pesquisas seguiram então com o apoio da Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, pelo Museu Dom José-MDJ, coordenadas pela Profa. Dra. Maria Somália Sales Viana, e pelo Museu de Pacujá-MUP. Coleções paleontológicas foram criadas nestas instituições a fim de depositar os fósseis em locais adequados para estudos diversos. A partir de 2010, em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco-UFPE (Barroso, 2012), foi revelada a presença de fósseis com preservação incomum em arenitos grossos e distintas abordagens foram introduzidas, destacando a singularidade dessa descoberta no Ceará, que foi preliminarmente incluída no contexto global, sobre a distribuição de organismos primitivos (Barroso *et al.*, 2014).

Novas ocorrências fossilíferas de invertebrados de corpos moles, saculiformes em arenitos conglomeráticos da Formação Ipu, de diferentes municípios (Ipu, Reriutaba e Santana do Acaraú), apresentaram afinidades com os espécimes inicialmente descritos em Pacujá, evidenciando uma preservação incomum e ampla distribuição regional no noroeste do Ceará. Estes registros inéditos ampliam igualmente a possibilidade de obtenção de dados para serem interpretados sob os diversos campos da paleontologia, a fim de lançar uma caracterização sobre a natureza desses invertebrados sem qualquer vestígio de esqueletos duros. Nesse sentido, justifica-se a coleta de dados sedimentares, tafonômicos, paleoecológicos, paleobiológicos e estratigráficos que poderão ser úteis para compor a classificação taxonômica e rever a importância global desse registro. Parcerias foram criadas com novas universidades: Universidade de São Paulo-USP (São Paulo), Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR, (Sorocaba), Universidade Federal do Pará-UFPA (Belém) e University of Bristol, (Inglaterra), para obtenção e interpretação de novos dados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos gerais:

Estudar os fósseis enigmáticos do Siluriano, na região noroeste do Ceará, à luz da interdisciplinaridade entre anatomia comparada, estratigrafia e tafonomia para construção de sínteses paleobiológicas e paleoecológicas.

1.3.2 Objetivos específicos:

- I. Descrever e caracterizar as litofácies sedimentares nos afloramentos fossilíferos;
- II. Reconhecer classes tafonômicas e inferir os processos envolvidos na preservação dos fósseis;
- III. Comparar dados paleontológicos obtidos com outras ocorrências globais;
- IV. Apresentar as implicações estratigráficas dos fósseis para o Grupo Serra Grande;

1.4 ÁREA DE ESTUDO

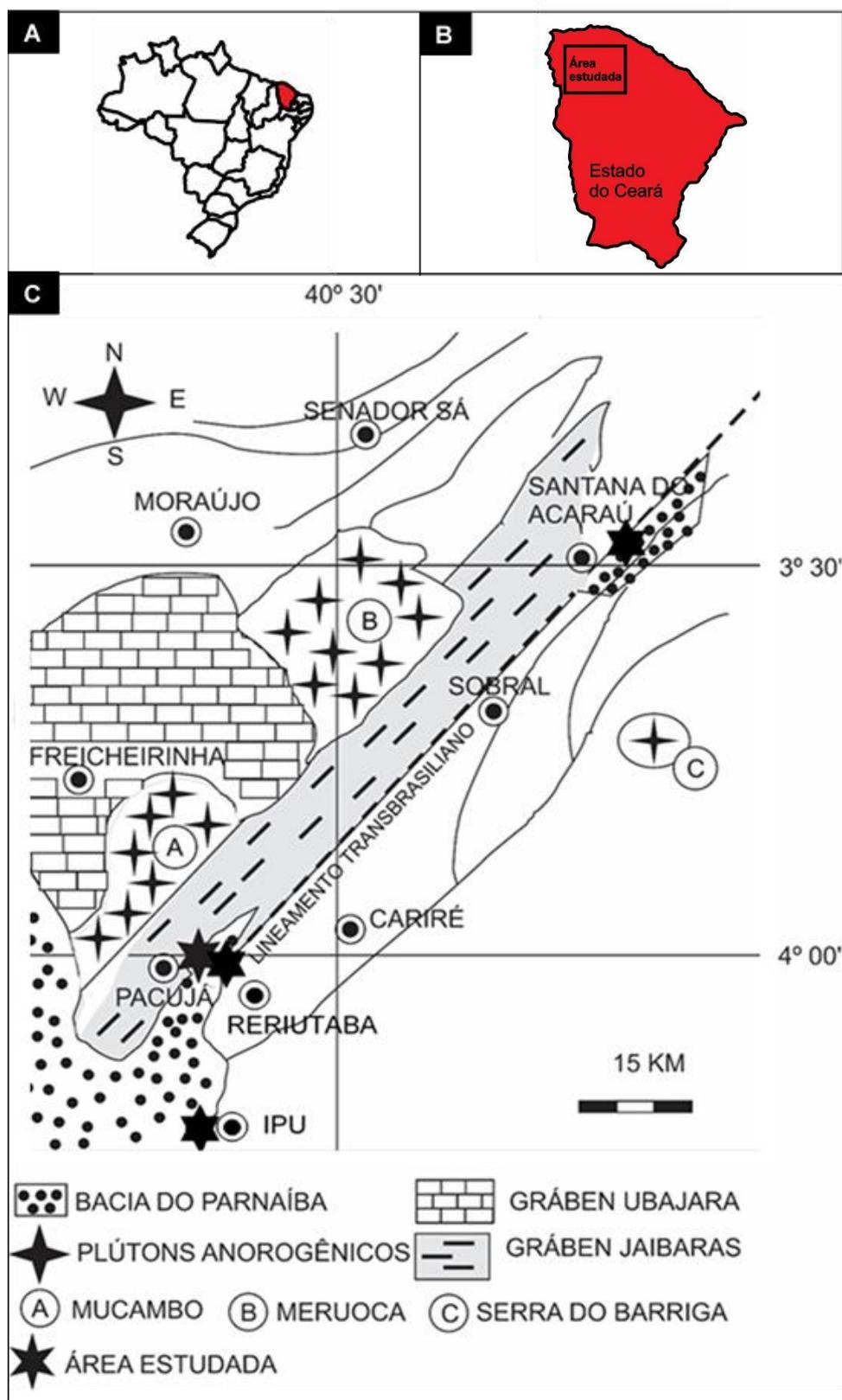
A área desta pesquisa localiza-se na região noroeste do Estado do Ceará (Figura 1), em afloramentos distribuídos nos municípios de: Ipu, Pacujá, Reriutaba e Santana do Acaraú, sendo as principais localidades visitadas desses municípios, respectivamente: balneário Bica do Ipu, Fazenda Contra-Fogo, comunidades Zipu e Baixa Fria dos Santos.

De acordo com os mapas geológicos da região, a área abrange afloramentos da Formação Ipu, Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba (Siluriano), nas bordas da Serra da Ibiapaba e morrotes de Santana do Acaraú, onde foram examinados 24 afloramentos entre os municípios citados, sendo 20 com presença de fósseis. Os afloramentos visitados estão separados por 100 km de distância entre os municípios de Santana do Acaraú e Pacujá, ao longo do lineamento Sobral-Pedro II ou transbrasiliano (Figura 1).

1.5 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais investigados foram fósseis e rochas da Formação Ipu (Siluriano da Bacia do Parnaíba), região noroeste do Estado do Ceará. Os métodos de análises paleontológicas adotados nesta pesquisa estão organizados nas etapas descritas a seguir:

Figura 1. Localização dos fósseis e características geológicas. A, mapa do Brasil; B, Estado do Ceará; C, principais unidades estratigráficas e eventos magmáticos do noroeste do Ceará.



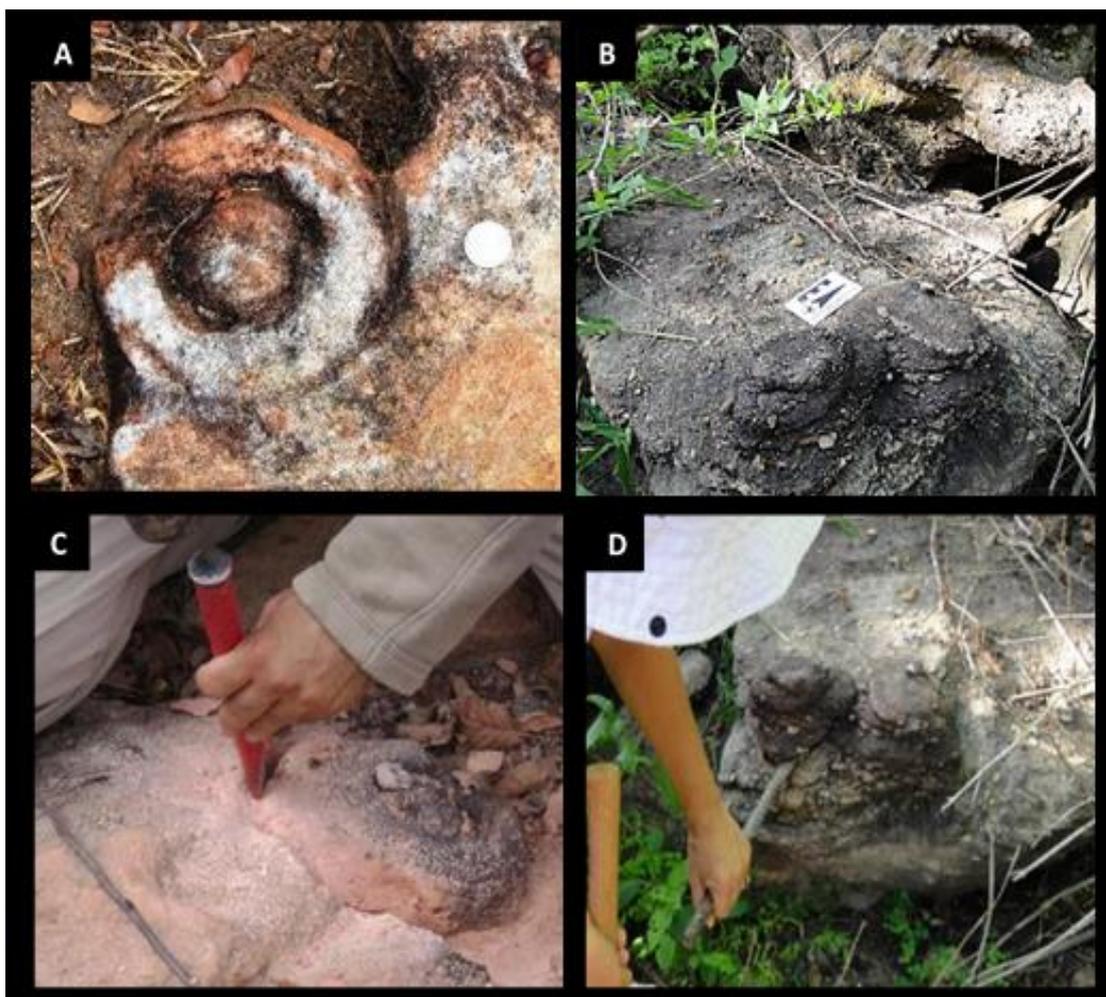
Fonte: Modificado de Oliveira, 2000.

1.5.1 Pesquisa de campo

Realizaram-se viagens de campo nos arredores de Ipu, Pacujá, Reriutaba e Santana do Acaraú para reconhecer os afloramentos fossilíferos e obter dados sedimentológicos (textura, estruturas sedimentares e fácies), estratigráficos (geometria, distribuição e ordenamento das camadas), tafonômicos e paleoecológicos.

Nesta pesquisa, 24 pontos foram visitados, dentre esses, 20 apresentaram ocorrências fossilíferas. Os fósseis fotografados em campo foram coletados, quando possível (Figura 2), e as coordenadas geográficas, anotadas. Alguns espécimes foram descritos no campo, em virtude da dificuldade de coleta, pois os afloramentos eram extensos e os blocos continham arenito grosso bastante silicificado.

Figura 2. Coleta de fósseis. A e B, fósseis localizados na borda do bloco. Em C e D, desagregação do material da rocha hospedeira. (Escala: 2 cm; 10 cm; 20 cm ; 30 cm, respectivamente).



Fonte: A e C, Arquivo do Laboratório de Paleontologia/LABOPALEO.

Durante a coleta de fósseis, foram adotados alguns critérios para preservar a integridade do material e minimizar a perda de informações tafonômicas e/ou paleoecológicas, havendo preferência por espécimes localizados nas bordas dos blocos. Essas coletas são importantes, pois o modo de exposição das rochas e as condições climáticas no semiárido favorecem a ação intempérica acentuada, resultando na perda deste registro paleontológico. Além disso, os afloramentos encontram-se em áreas habitadas, onde já ocorreram construção de estradas e tanques para acumulação de água.

1.5.2 Pesquisa de Laboratório:

1.5.2.I Análise Petrográfica

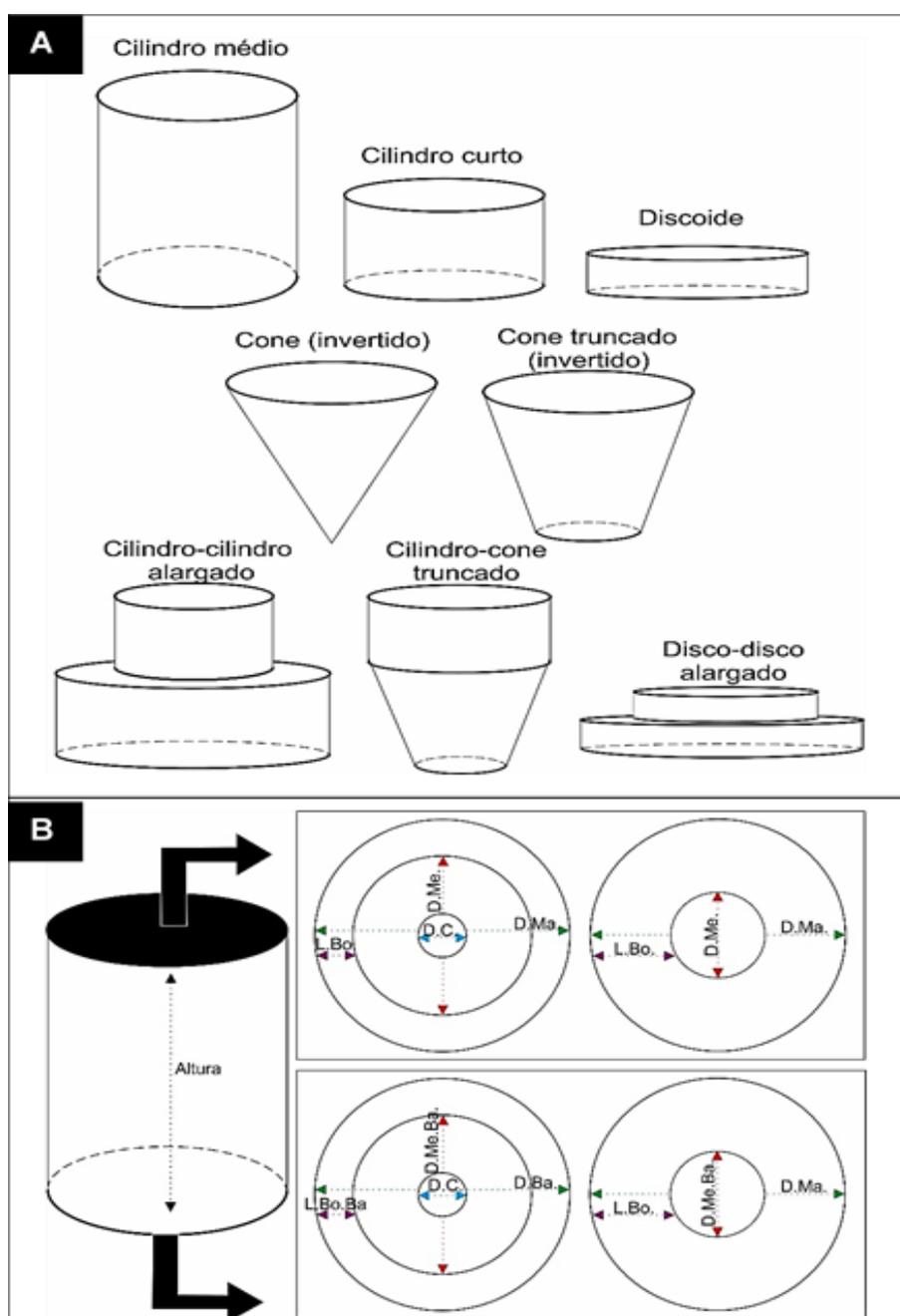
As lâminas foram confeccionadas por profissional técnico no Laboratório de Petrografia da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, em Recife, e as análises envolveram apenas a utilização de microscopia óptica, com a participação da Profa. Dra. Zenilda Vieira Batista (UFAL). Os critérios analisados nas lâminas petrográficas referem-se a: granulometria, seleção e arredondamento, índice de empacotamento, maturidades textural e mineralógica, matriz, cimento e porosidade. Todos os constituintes da rocha (grãos, matriz, cimento e poros), foram contados levando-se em consideração o volume total das rochas. Neste estudo, foram utilizadas amostras de rochas coletadas em afloramentos (amostras de superfície).

1.5.2.II Análise morfométrica

Os fósseis estão incluídos na coleção de paleontologia do Museu Dom José-MDJ, em Sobral-CE, com os números de tombo MDJ Ed-01 a MDJ Ed-138. O museu agrega o Laboratório de Paleontologia – LABOPALEO – da Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA. No LABOPALEO, todos os exemplares foram medidos com paquímetro digital, fotografados, descritos e/ou desenhados. Espécimes preservados tridimensionalmente foram inicialmente comparados a formas geométricas, sendo estabelecidas por meio da relação entre as medidas da altura, diâmetro superior e do diâmetro inferior, por exemplo (Figura 3): 1. Cilindro médio – a medida da altura é o dobro da medida do diâmetro superior; 2. Cilindro curto - medida da altura aproximadamente igual às medidas do diâmetro superior; 3. Disco - o diâmetro do disco superior é maior que a medida da altura e igual ao diâmetro do disco inferior; 4. Cone - diâmetro do disco superior é significativamente maior que o diâmetro do disco

inferior, há afinamento da coluna em direção à base; 5. Cone truncado - semelhante à categoria anterior, contudo a base é reta; 6. Cilindro-cilindro alargado – parte superior cilíndrica e região basal com cilindro mais largo; 7. Cilindro-cone truncado - semelhante ao anterior, mas a região basal contém um cone truncado; 8. Disco-disco alargado – porção superior discoide, sendo o disco mais largo na base. Detalhes de

Figura 3. Caracterização morfológica dos fósseis e método de medição. A, modelos geométricos para inclusão da morfologia dos fósseis. B, tipos de medidas tomadas nos discos superior e inferior. L.Bo, largura da borda; D.Me., diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; L.Bo.Ba, largura da borda da base; D.Me.Ba, diâmetro menor basal; D.Ba, diâmetro basal; D.C., diâmetro central.



estruturas discoides no topo ou na base dos fósseis (Figura 3) foram medidos tais como, largura da borda (L.Bo), diâmetro menor (D. Me), diâmetro maior (D.Ma) e diâmetro central (D.C). Todas essas medidas estão incluídas no “Apêndice 1”, que também contém especificadas estruturas morfológicas comparáveis a cnidários antozoários (presença de disco oral aberto ou fechado) ou indeterminadas.

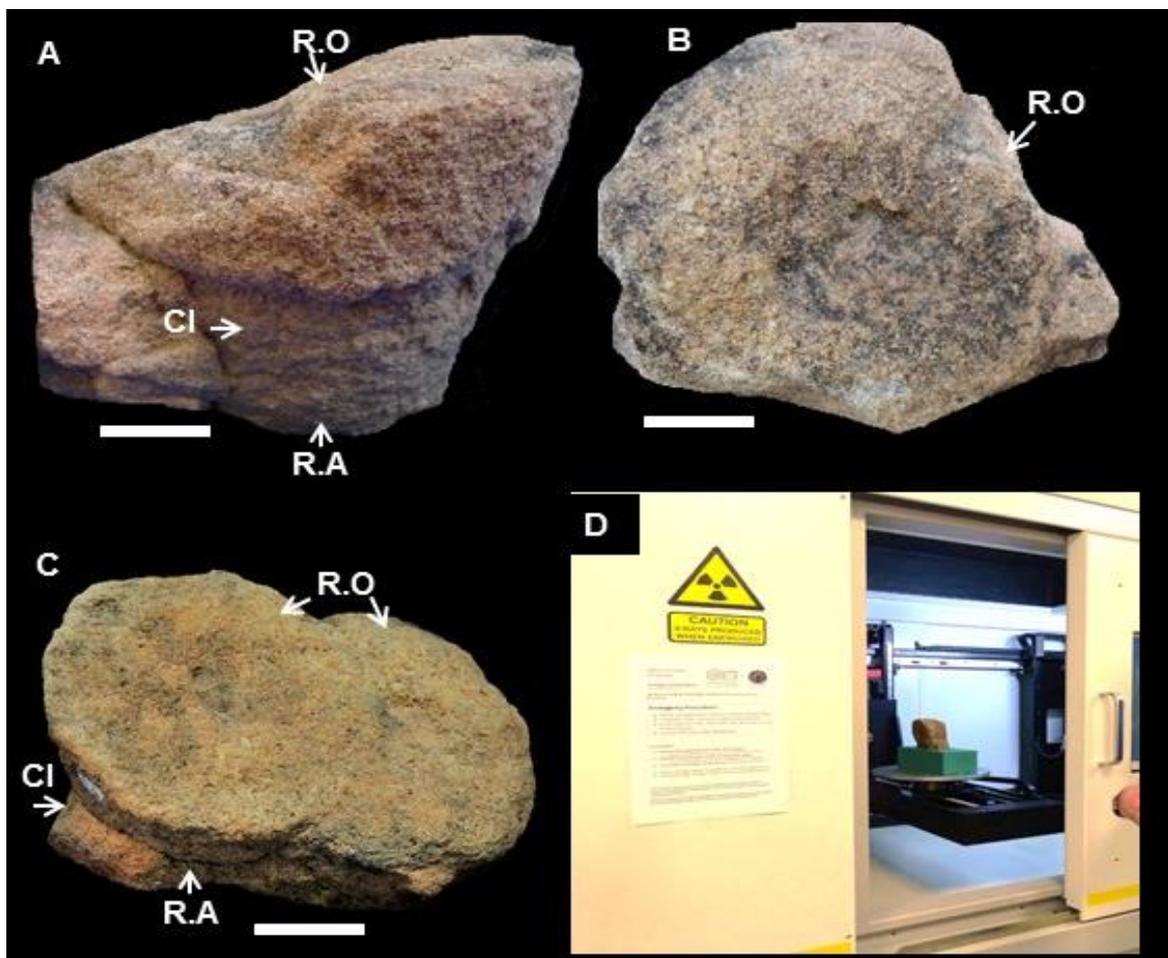
1.5.2.III Tomografia computadorizada (CT-Scan)

A tomografia computadorizada e microtomografia permitem a visualização de estruturas morfológicas importantes que auxiliam na definição de espécies (Han *et al.*, 2010) ou em estudos evolutivos (Maldanis *et al.*, 2016), e por serem técnicas não-destrutivas, vêm ganhando espaço na Paleontologia. Esse é um exame simples e obtém imagens seccionadas do fóssil, em tons de cinza, que são processadas por um computador, como uma sucessão de imagens de raios X em diversos segmentos. Para a composição das imagens, em objetos tridimensionais, foi utilizado o programa Avizo 3D.

Alguns fósseis desse estudo foram transportados à University of Bristol, Inglaterra, a fim de realizar análises da morfologia interna com o uso da tomografia computadorizada (Figura 4). O material escolhido para a análise precisou apenas ser apoiado numa base estável e inserido no tomógrafo.

Para a saída dos fósseis do Brasil, foram obedecidas as normas estabelecidas pela legislação brasileira (Decreto-lei nº 4.146/1942 -art. 1º/Parágrafo único; portaria nº 542, de 18 de dezembro de 2014), sendo concedida autorização prévia pelo Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM (Processo: 48404-940031/201654), pela coordenadora do Laboratório de Paleontologia da UVA e pelo Chefe de Departamento de Geologia da UFPE.

Figura 4. Espécimes analisados com o uso da tomografia computadorizada. A e B, espécime MDJ Ed-10 em diferentes ângulos (Escala: 3 cm); C, espécime MDJ Ed-09 (Escala: 5 cm); D, Equipamento de tomografia computadorizada. R.O, região oral; Cl., coluna; R.A, região aboral.



CAPÍTULO 2: BACIA DO PARNAÍBA

A Bacia do Parnaíba ocupa uma extensa área inserida na plataforma sul-americana, no Nordeste brasileiro, preenchida principalmente por rochas paleozoicas. Foi reinterpretada por Góes (1995) e Góes & Coimbra (1996) como Província Sedimentar do Meio Norte, dividida em quatro bacias menores, com gêneses distintas: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo).

Do Paleozoico ao Triássico (Figura 5), a sequência estratigráfica da Bacia do Parnaíba engloba os grupos Serra Grande, Canindé e Balsas (Góes & Feijó, 1994). O substrato desta bacia é composto por *grábens* que surgiram devido aos pulsos terminais do Ciclo Brasileiro e estão preenchidos por sedimentos imaturos (Vaz *et al.*, 2007).

O Grupo Serra Grande ocorre na área da pesquisa (Figura 6), com grandes exposições restritas à borda leste da Bacia do Parnaíba, conhecida como Serra da Ibiapaba e nos morrotes de Santana do Acaraú, mas em subsuperfície ocorre em toda a extensão da bacia. As rochas deste grupo recobrem, em discordância erosiva e tectônica, os sedimentos das formações Pacujá e Aprazível e as rochas do embasamento cristalino (Quadros, 1995).

Com a definição do Grupo Serra Grande (Carozzi *et al.*, 1975), a Formação Mirador foi considerada a unidade basal, constituída de arenitos grossos e idade estabelecida para o Siluriano superior. A unidade média, a Formação Tianguá (Góes & Feijó, 1994) é composta de folhelhos, siltitos e arenitos finos, rara associação palinológica e com idade Siluriano Superior. A unidade do topo Formação Jaicós é composta de arenitos grossos a conglomerados (Góes & Feijó, 1994). Caputo & Lima (1984), alteraram a denominação da unidade basal da bacia de “Formação Mirador” para Formação Ipu e os demais nomes, Tianguá e Jaicós foram mantidos.

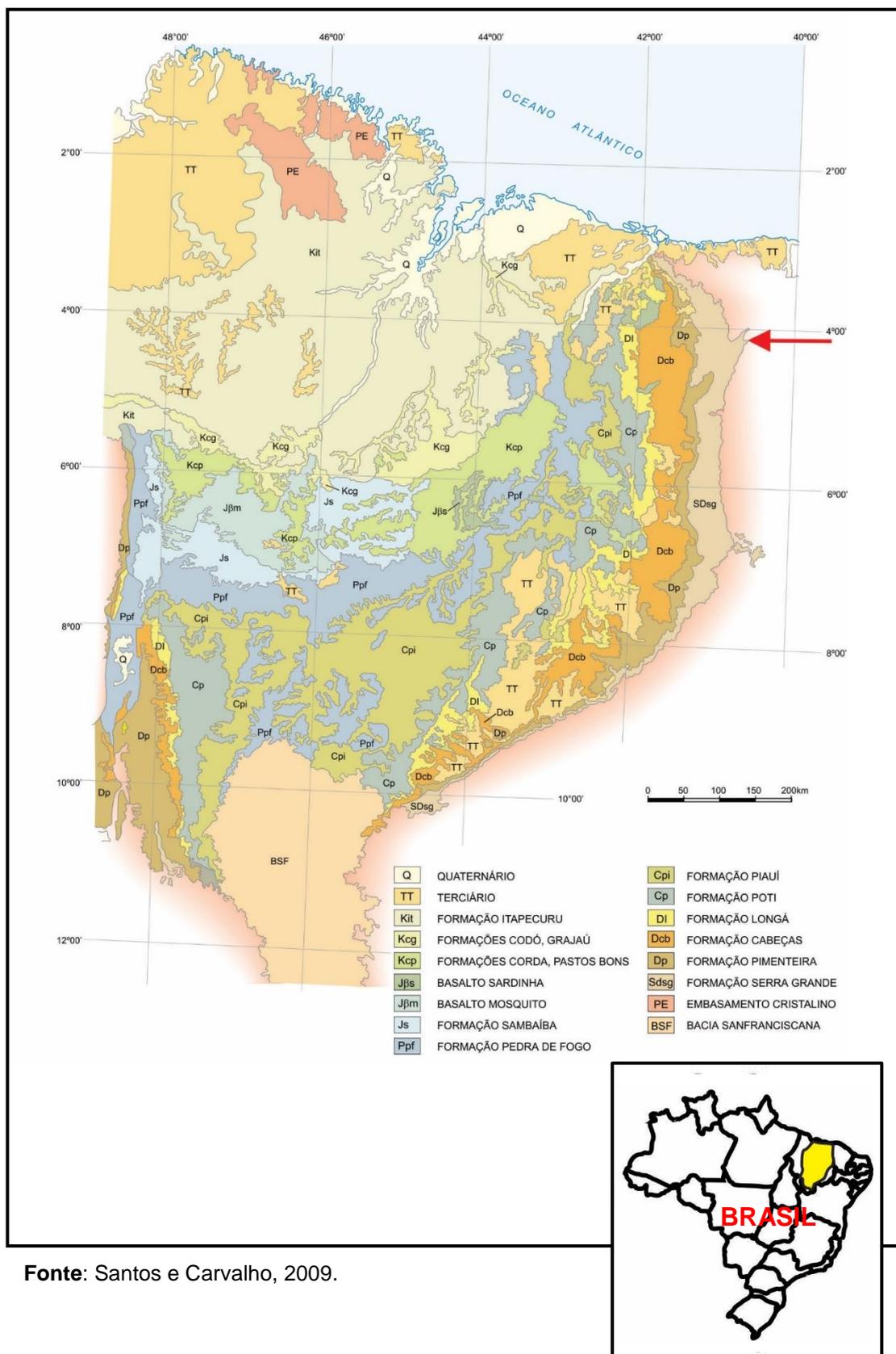
A Formação Ipu apresenta arenitos com seixos, conglomerados com matriz areno-argilosa e matações de quartzo ou quartzito e arenitos finos a grossos. Nos psamitos predominam as cores brancas ou cinza/creme-claro, são maciços ou

apresentam estratificação cruzada. A Formação Tianguá é composta de folhelhos cinza-escuro, bioturbados, sideríticos e carbonáticos, de arenitos cinza-claro, fino a médio, feldspáticos e de intercalações de siltitos e folhelhos cinza-escuros e micáceos. A Formação Jaicós é constituída de arenitos cinza com tonalidades claras, creme ou amarronzada, com níveis grossos, contendo seixos angulares a subangulares, mal selecionados, friáveis, maciços ou com estratificação cruzada ou lenticular (Caputo, 1984; Vaz *et al.*, 2007).

O Grupo Serra Grande constitui um ciclo transgressivo-regressivo completo. As rochas da Formação Ipu foram depositadas numa grande variedade de ambientes, de glacial proximal e glacio-fluvial, leques ou frentes deltaicas (Caputo, 1984). A Formação Tianguá foi depositada num ambiente de plataforma rasa (Góes & Feijó, 1994) e representa a superfície de inundação máxima. As camadas da Formação Jaicós constituem o intervalo regressivo da sequência, com as fácies indicando uma deposição por sistemas fluviais, deltaicos e plataformais, em ambiente continental, transicional e marinho raso (Góes e Feijó, 1994).

Caputo & Lima (1984), colocam a unidade basal (Formação Ipu) no topo do Ordoviciano e início do Siluriano. Com a identificação de épocas do Landoveriano, Venlockiano e Ludloviano-Pridoliano (Góes & Feijó, 1994), toda a sequência do Grupo Serra Grande foi incluída no Siluriano (Figura 5). Idades mais recentes das três formações provêm das que constam de Grahn *et al.* (2005) e foram plotadas na carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba elaborada por Vaz *et al.* (2007).

Figura 6. Mapa geológico das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luis. A seta vermelha indica o Grupo Serra Grande.



Fonte: Santos e Carvalho, 2009.

CAPÍTULO 3: FILO CNIDARIA

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os cnidários representam os metazoários mais simples e seus representantes recentes mais comuns são as águas-vivas e as anêmonas-do-mar, cujos corpos não contêm partes mineralizadas, e os corais formadores de estruturas recifais, os quais secretam esqueleto calcário (Fernandes, 2011).

O corpo dos cnidários consiste de uma bolsa de fundo cego, o *celenteron* (= cavidade gastrovascular), cercada por uma parede corporal que constituem dois epitélios: a epiderme externa (ectoderme) e a gastroderme interna (endoderme). Uma camada gelatinosa, a mesogleia, encontra-se entre os dois epitélios. A presença da abertura bucal marca a porção oral e geralmente é cercada por tentáculos. Já no lado oposto, encontra-se a porção aboral (Ruppert *et al.*, 2005).

São predominantemente marinhos. Podem ser solitários ou coloniais e apresentar duas formas durante seu ciclo de vida: uma livre natante chamada de medusa e outra forma sedentária ou sésil conhecida como pólipos (Moore, 2006).

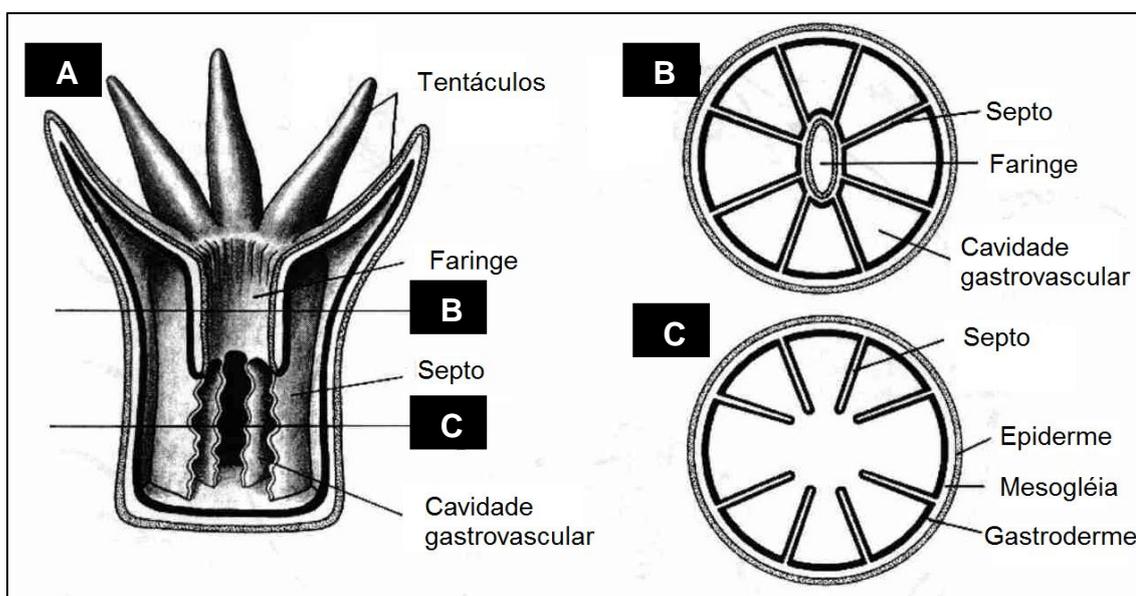
O corpo de um pólipos é tubular ou cilíndrico com a extremidade oral (abertura bucal e tentáculos) direcionada para cima, enquanto a extremidade aboral ou oposta fica presa ao substrato. As formas medusoides assemelham-se ao formato de um guarda-chuva, com os tentáculos dispostos ao longo de sua margem e a boca posicionada em sua parte inferior (Brusca & Brusca, 2003; Hickman *et al.*, 2001).

A formação de colônias é o resultado mais comum do considerável poder de reprodução dos pólipos, permitindo o aumento de tamanho e uma maior eficiência na captura de alimentos, por meio da movimentação da água (Chia, 1976). Por exemplo, pólipos de hidrozoários com 1 cm de comprimento quando organizados em colônias podem movimentar tanta água quanto um pólipos solitário de um antozoário com 5 cm de comprimento (anêmona-do-mar) (Moore, 2006). Em contrapartida, os pólipos de antozoários possuem divisões verticais internas na cavidade gastrovascular, os mesentérios, que aumentam a superfície de contato com água.

A diversidade dos cnidários é distribuída nestas cinco diferentes classes, de acordo com Daly *et al.* (2007): Anthozoa, Cubozoa, Hydrozoa, Scyphozoa e Staurozoa.

A classe Anthozoa inclui as anêmonas-do-mar e a maioria dos corais pétreos. Os pólipos possuem divisões verticais, denominados mesentérios ou septos (Figura 7), na cavidade gastrovascular. A forma de medusa é inexistente. Alguns pólipos podem possuir oito mesentérios e oito tentáculos ramificados (Subclasse Octocorallia), apresentando organização colonial como, por exemplo, as penas-do-mar (Ordem Pennatulacea). Outros pólipos apresentam seis mesentérios ou múltiplos de seis (Subclasse Hexacorallia) com variável número de tentáculos não ramificados, estando incluídos nas ordens de pólipos solitários (Actinaria, Ceriantharia e Corallimorpharia) e nas ordens de pólipos coloniais (Ordem Antiphataria, Scleractinia e Zoanthidea) (Moore, 2006).

Figura 7. Estrutura corporal de um pólipo antozoário. A, corte longitudinal. B, corte transversal ao nível da faringe. C, corte transversal abaixo da faringe.



Fonte: Ruppert e Barnes, 1996.

3.2 REGISTRO PALEONTOLÓGICO

O primeiro registro fóssilífero de cnidários foi descrito na Formação Lantian (Ediacarano), sul da China (Yuan *et al.*, 2011; Van Iten *et al.*, 2013), com presença de um grupo polipoides extinto, os conulários, da classe Scyphozoa (Van Iten *et al.*, 2013). Outro representante polipoide da classe Scyphozoa, conhecido como

Corumbella weneri, da Formação Tamengo, Grupo Corumbá, de idade ediacarana, representa o registro mais antigo desse grupo no Brasil (Hahn et al., 1982; Pacheco, 2012; Pacheco et al., 2015). Diversas ocorrências de conulariídeos são registradas no Paleozoico das bacias Amazonas, do Paraná e do Parnaíba (Clarke 1899; 1913; Fonseca & Costa, 1999; Kegel, 1953; Leme et al., 2004; Mouro & Fernandes, 2011).

Evidências fósseis de medusas das classes Scyphozoa e Cubozoa remonta ao Mesocambriano (Devereux, 2001; Cartwright et al., 2007), embora as formas mais derivadas de Scyphomedusae não foram constatadas até o Carbonífero (Ossian, 1973; Foster, 1979). Medusas atribuídas à classe Staurozoa já foram registradas em estratos do Ediacarano, em Newfoundland, Canadá (Liu et al., 2015).

O registro de formas polipoides comparáveis às anêmonas-do-mar começa possivelmente no Ediacarano. Gehling (1988) publicou um novo fóssil *Inaria karli* em Flinders Ranges, que foi descrito como um pólipó oval, com uma base larga e uma longa faringe e cavidade gastrovascular. Seilacher & Gishlick (2015) apontam *Protolyella* como um possível ancestral das anêmonas-do-mar atuais, com distribuição estratigráfica entre o Ediacarano e Ordoviciano. Icnofósseis ediacaranos de Newfoundland têm sido atribuídos a possíveis actiniários (Liu et al., 2010).

Aceita-se que o registro das anêmonas-do-mar é bem representado no Paleozoico, surgindo no Cambriano, com a maioria das espécies atribuídas aos actiniários: *Archisaccophyllia kunmingensis* (Hou et al. 2005); *Eolympia pediculata* (Han et al., 2010); *Xianguangia sinica* (Chen & Erdtmann, 1991); e *Mackenzia costallis* (Conway Morris, 1993). *Palaeoanemone marcusii* Lech, 1986 é encontrada no Carbonífero (Lech, 2009).

O escasso registro paleontológico das anêmonas-do-mar é provavelmente devido às características de natureza orgânica destes organismos que não apresentam partes duras. Porém, há inúmeros registros atribuídos às escavações de anêmonas-do-mar, desde o Cambriano até o Recente (Lech, 2009).

Nas bacias sedimentares brasileiras, não há moldes ou somatofósseis de anêmonas-do-mar, mas existem icnofósseis (Fernandes et al., 2002) relacionados às suas atividades vitais (*Bergaueria* Prantl, 1945), nas bacias Camaquã (Vendiano), Grajaú (Cretáceo), Paraná (Permiano), Potiguar (Cretáceo) e Recôncavo (Cretáceo).

No Ordoviciano, duas ordens distintas de corais calcificados, Tabulata e Rugosa, tinham emergido, deixando bem estabelecidos seus registros durante o Paleozoico (Scrutton, 1999), mas foram completamente extintas no Permiano

(Schultz, 2010). No Mesozoico, surgem os escleractíneos, os verdadeiros corais que habitam os mares atuais. No Brasil, há registros de corais tabulados e rugosos no Paleozoico das bacia do Amazonas e Paraná e corais escleractíneos no Mesozoico e Cenozoico, como sintetizado por Fernandes (2011).

Uma explicação para a rápida aparição dos corais calcificados no registro fóssil indica que eles surgiram a partir dos antozoários de corpos moles depois de desenvolverem uma fisiologia e bioquímica necessária para secretar carbonato de cálcio (Hou *et al.*, 2005). Isto pode ter ocorrido para a origem dos corais paleozoicos (Tabulata e Rugosa) e dos Scleractinia, no Mesozoico, de modo independente (Scrutton 1997, 1999).

Uma hipótese sugere que os primeiros animais comparáveis aos antozoários eram animais filtradores que se instalavam passivamente no substrato, com um tipo de esqueleto arenoso incomum, compondo a base do corpo do animal, mas somente após a incorporação de protozoários unicelulares nos tentáculos, por meio de simbiose, as anêmonas-do-mar se tornaram predadores carnívoros ativos (Seilacher & Gishlick, 2015).

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 PESQUISA DE CAMPO

No Balneário Bica do Ipu, Município de Ipu (Figura 8A), os fósseis ocorrem em aglomerações com formas discoides, com icnofósseis associados, preservados em arenito médio a grosso. Sob as camadas fossilíferas, foi observado um nível de conglomerado afossilífero sobreposto ao embasamento cristalino.

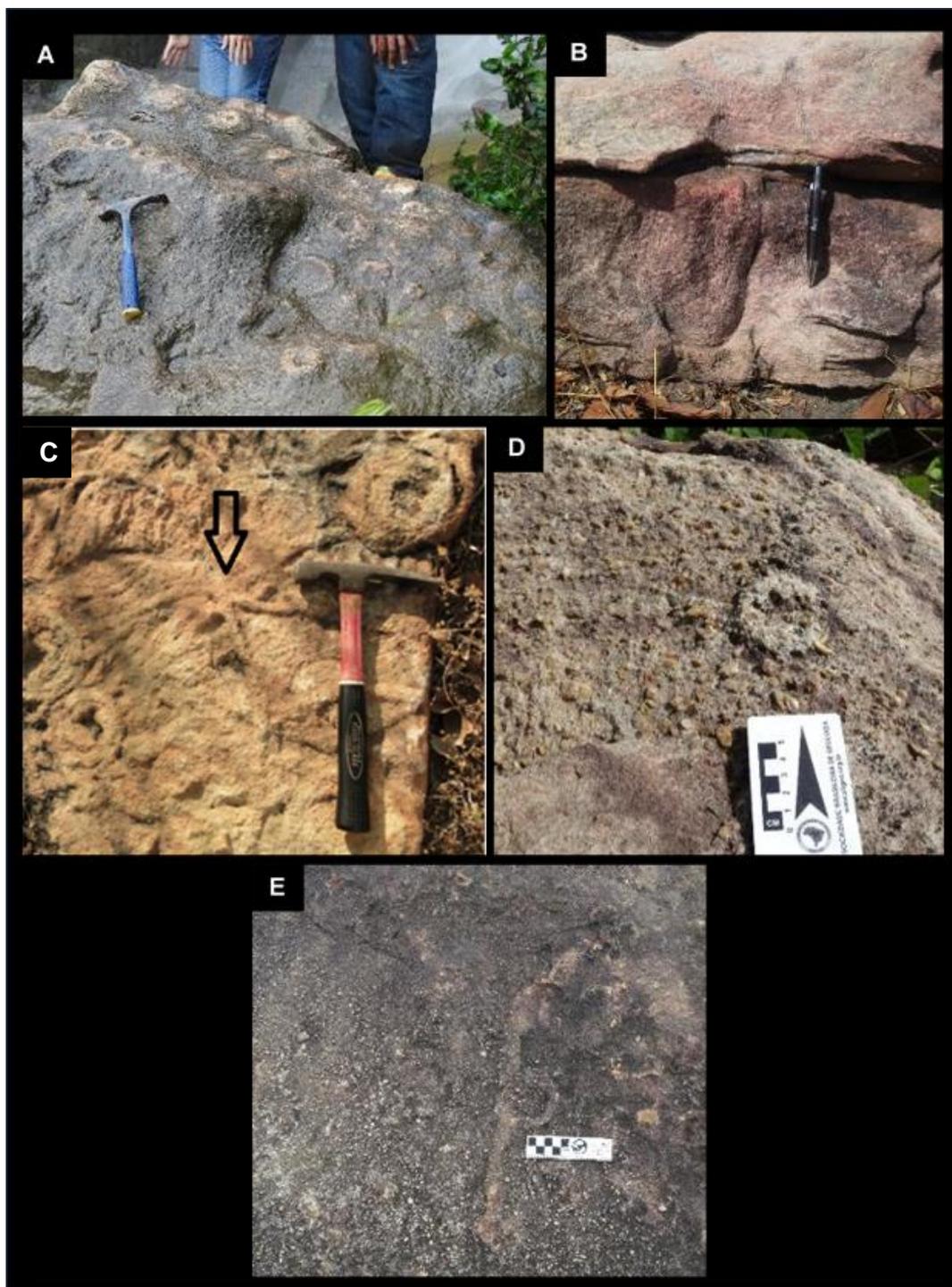
Na região de Pacujá, os sítios paleontológicos visitados encontram-se na Fazenda Contra-Fogo e nas margens do Riacho Lameirão, com fósseis em superfícies erodidas, a maioria superficialmente representada por discos, com abundância de cerca de 20 organismos/m² no mesmo nível de uma camada. Algumas formas são aparentemente discoides, porém, quando visualizadas em perfil apresentam uma profundidade (Figura 8B), podendo ser na verdade uma estrutura cônica ou cilíndrica.

A granulometria dos arenitos varia de médio a grosso, grãos quartzosos imaturos, cor creme, vermelho ou cinza, com estratificação cruzada plano-paralela, cruzada acanalada e marcas de ondas simétricas. Os fósseis se encontram em diferentes tamanhos (de 3 até 20 cm de diâmetro), com relativa diversidade morfológica e abundância, apresentando icnofósseis associados (Figura 8C).

Os afloramentos em Santana do Acaraú constituem-se de arenito grosso a conglomerático com grãos quartzosos imaturos, rico em feldspato, de coloração predominantemente cinza claro, com alguns níveis avermelhados, estratificação cruzada acanalada. Os fósseis apresentam diferentes tamanhos, semelhantes aos de Pacujá, com relativa diversidade morfológica e abundância, associados a icnofósseis.

Na localidade de Zipu, os afloramentos observados apresentam basicamente as mesmas características de Pacujá (Figura 8E), com formas discoides na superfície, estratificações cruzadas acanaladas, coloração creme, arenito imaturo e mal selecionado, variando de médio a grosso, porém, há um considerável aumento de grãos mais grossos.

Figura 8. Principais características dos afloramentos fossilíferos. A, aglomerações de fósseis em Ipu; B, modo de enterramento, localizados em Pacujá; C, associação com icnofósseis; D, fóssil em arenito conglomerático oriundo de Santana do Acaraú. E, fósseis e icnofósseis de Reriutaba. Escalas: A, B e C, respectivamente, 30 cm, 14 cm, 30 cm.



Foi possível caracterizar quatro fácies sedimentares nos afloramentos fossilíferos e afossilíferos visitados na Formação Ipu (Tabela 1).

Fácies I → Ortoconglomerado, sustentado por clastos maiores que 2 cm e arenito grosso com estratificação cruzada acanalada de grande porte. Esta fácies aflora nas seguintes regiões: Santana do Acaraú (BFS 1), com níveis de cores castanha ou marrom separando os estratos; Pacujá (Ve 1) e Reriutaba (Zi 1) com cores mais esbranquiçadas; e Ipu (BI 1), onde se encontra em contato com o embasamento (Figura 9A). Esta fácies não apresenta fósseis de antozoários nem icnofósseis.

Fácies II → Arenito conglomerático, rico em feldspato, mal selecionado com abundância de clastos de tamanhos de 2 cm, estratificações cruzadas acanaladas e estratificações planares, possui ocorrência exclusiva em Santana do Acaraú (BFS 2) (Figura 9B), contudo com fósseis de antozoários e icnofósseis semelhantes aos de Pacujá, Reriutaba e Ipu.

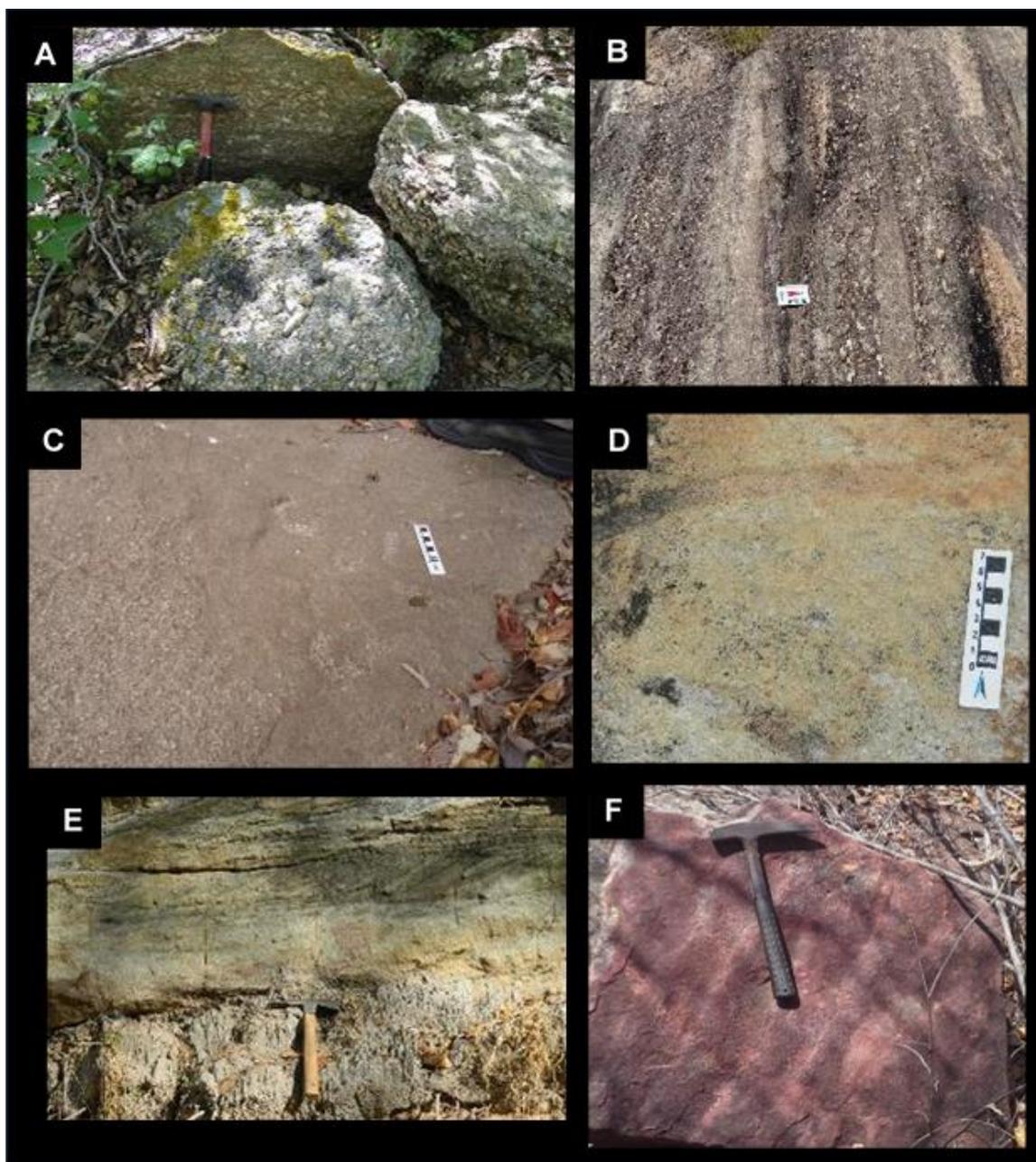
Fácies III → Arenito com níveis cascalhosos (Figura 9C), abundância de clastos de 1 cm, mal selecionados, estratificações cruzadas acanaladas, de cor creme ou branca. Ocorre em Zipu (Zi 2) e Sítio das Caveira (SC) e Serrinha (Se 1 e Se 2).

Fácies IV → Arenito grosso a médio, mal selecionado, com coloração creme, cinza e branco (Figura 9D), estratificação cruzadas acanaladas (Figura 9E), marcas de ondas simétricas (Figura 9F), feldspatos, com fósseis de cnidários e icnofósseis. É a fácies mais comum na área desta pesquisa, com as mais importantes ocorrências de fósseis e icnofósseis.

Tabela 1. Afloramentos visitados com suas respectivas fácies, localização, coordenadas e altitude.

Município	Toponímia	Coordenadas	Altitude	Ponto	Fácies
Ipu	Bica do Ipu	O 40° 43'37" , S 4° 19' 00"	381 m	BI 1	F I
		O 40° 43' 37" , S 4° 19' 01".	405 m	BI 2	F IV
Pacujá	Fazenda Contra Fogo	O 40° 40' 22" , S 3° 59' 54".	181 m	FCF1	F IV
		O 40° 40' 35" , S 3° 59' 55".	195 m	FCF2	F IV
	Margens do Riacho Lameirão	O 34° 40' 29" , S 3° 59' 47".	170 m	RL 1	F IV
		O 34° 40' 29" , S 3° 59' 48".	173 m	RL 2	F IV
		O 34° 40' 25" , S 3° 59' 51".	179 m	RL 3	F IV
		O 40° 40' 27" , S 3° 59' 57".	180 m	RL 4	F IV
		O 40° 40' 19" , S 4° 00' 12".	192 m	RL 5	F IV
		O 40° 40' 16" , S 4° 00' 17".	189 m	RL 6	F IV
		O 40° 40' 16" , S 4° 00' 29".	201 m	RL 7	F IV
	Serrinha	O 40° 42' 30,5" , S 4° 4' 14,7".	301 m	Se 1	F III
O 40° 42' 26,7" , S 4° 4' 11,9".		313 m	Se 2	F III	
O 40° 42' 27,5" , S 4° 4' 4,7".		302 m	Se 3	F IV	
O 40° 42' 27,4" , S 4° 4' 1,9".		298 m	Se 4	F IV	
O 40° 42' 23,0" , S 4° 3' 43,3".		336 m	Se 5	F IV	
Sítio das caveiras	O 40° 37' 59,4" , S 3° 59' 36,1".	196 m	SC	F III	
Vertentes	O 40° 41' 19,6" , S 4° 0' 38,9"	185 m	Ve 1	F I	
	O 40° 41' 18,3" , S 4° 0' 41,7".	192 m	Ve 2	F IV	
Reritaba	Zipu	O 40° 38'30,07" , S 4° 0'29,74".	211 m	Zi 1	F I
		O 40° 38' 57, 3" , S 4° 0' 25,9".	240 m	Zi 2	F III
Santana do Acaraú	Baixa Fria dos Santos	O 40° 10' 37" , S 3° 25' 20"	54 m	BFS 1	F I
		O 40° 10' 17" , S 3° 24' 46".	76 m	BFS 2	F II
	Sapó	O 40° 9'10,47" , S 3° 22' 23,49"	80 m	Sa	F II

Figura 9. Fácies e estruturas sedimentares observadas no campo. A, fácies I (escala: 30 cm; B – fácies II; C, fácies III; D, fácies IV; E, estratificações cruzada angular (escala: 30 cm); F, marcas de ondas simétricas (escala: 30 cm).



4.2 ANÁLISE PETROGRÁFICA

Com base no diagrama de Folk (1968), usando as proporções de quartzo, feldspatos e fragmentos líticos, as rochas fossilíferas foram classificadas como quartzarenitos (F III e F IV) e subarcóeos (F II) (Figura 10). Os outros parâmetros analisados nas amostras das três fácies estão incluídos na tabela 2.

Figura 10. Classificação dos arenitos representando as três fácies fossilíferas (FII, FIII e FIV), identificadas na Formação Ipu segundo o diagrama de Folk (1968). Os vértices correspondem a 100% de quartzos (vértice superior do triângulo), 100% de feldspatos (vértice à esquerda do triângulo) e 100% de fragmentos de rochas (vértice à direita do triângulo).

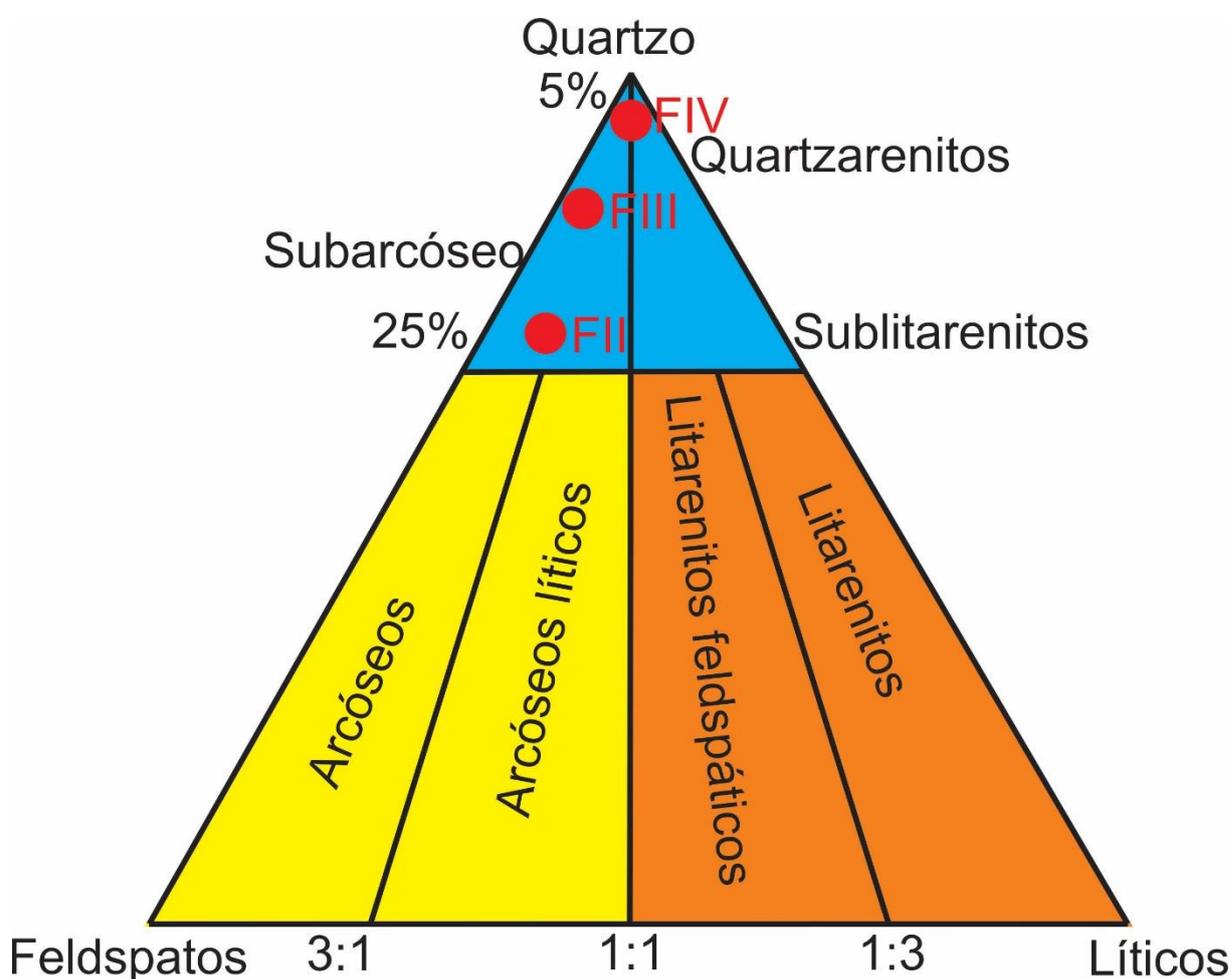


Tabela 2. Descrição petrográfica das rochas sedimentares da Formação Ipu.

Critérios analisados	Localidades/Fácies		
	Fazenda Contra Fogo (Fácies IV)	Zipu (Fácies III)	Baixa Fria dos Santos (Fácies II)
Tipo de rocha	Quartzo-arenito	Quartzo-arenito	Subarcóseo
Granulometria	Silte a seixo	grossa a média com porções conglomeráticas	arenito grosso conglomerático e conglomerado
Seleção	pobre ou mal selecionado	mal selecionado	mal selecionado
Esfericidade	baixa	muito baixa	muito baixa
Arredondamento	angulosos a subarredondados	subangulosos, subarredondados e arredondados	angulosos a subarredondados
Quartzo monocristalino	96%	68,45%	64,45%
Quartzo policristalino	5,30%	22,25%	13,62%
Feldspatos	2% (Caulinização)	5,70%	12,13%
Líticos	2% Chert e arenito.	4,23% chert, arenito, xisto, quartzito	9,63% Filito, xisto, gnaisse e quartzito
Matriz	Sílica, sustentado pelos grãos (caulinita)	Areno-sílica	Areno-argilosa
Acessórios	Zircão, opacos, titanita? Muscovita, caulinita	Zircão, turmalina	Micas (muscovita e biotita), opaco e provável anatásio (?)
Cimento	Oxi-hidroxi de ferro. Pouca caulinita e sílica	Óxi/hidróxido de Fe	Caulinita e óxido/hidróxido de ferro
Maturidade	Imaturo (matriz 5%) heterogeneidade textural	Imatura (superior a 5%)	Imatura (matriz maior que 5%)
Empacotamento	Contatos, côncavo-convexo retos e suturados	Arcabouço suportado pelos grãos, contatos predominantemente côncavos-convexo e contatos retos e suturados.	Arcabouço sustentado pela matriz, contatos pontuais e flutuantes predominando, contatos retos, côncavos-convexo e suturados
Porosidade	Secundária	Baixa	Baixa porosidade
Eodiagênese	Compactação mecânica, (fraturamento de grãos de quartzo), empacotamento do tipo fechado e a precipitação de cimento ferruginoso. Início da caulinização de muscovitas e feldspatos.	Compactação mecânica (grãos fraturados), arcabouço fechado e a caulinização de muscovitas e feldspatos.	Compactação mecânica moderada. Caulinização de muscovitas e feldspatos, precipitação de cimento ferruginoso (óxido/hidróxido de ferro).
Mesodiagênese	Compactação química, cimentação de sílica, alteração e substituição de grãos, além da cimentação de caulinita oriunda da caulinização de muscovitas e feldspatos.	Dissolução direta de minerais detríticos (quartzo e feldspato), porosidade secundária por dissolução de grãos (foram pouco), presentes no centro dos grãos (porosidade alveolar) e ao longo dos contatos (sudurados) ocorre porosidade módica.	Dissolução de grãos (compactação química); geração de porosidade secundária por dissolução de grãos e poros módicos; alteração de biotitas, muscovitas e feldspatos; substituição de muscovitas e feldspatos por caulinita. Alteração e substituição de micas (muscovita e biotita) e feldspatos para illita.
Telodiagênese	Precipitação de cimento ferruginoso (óxido/hidróxido de ferro). Cimentação de caulinita na forma de agregados.	Precipitação de óxido/hidróxido de ferro (cimento) talvez relacionada à alteração de minerais ferromagnesianos (provocada por água meteórica).	Cimento ferruginoso (óxido/hidróxido de ferro), em quantidades muito pequenas, presença de algumas biotitas se alterando para óxido de ferro.
Proveniência	Cráton Estável (Blocos Continentais).	Ambiente Transicional (Bloco Continental), maior contribuição de fragmentos líticos, e baixa maturidade mineralógica.	Ambiente Transicional, proveniência a partir de Blocos Continentais.

4.3. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Observaram-se características nos espécimes que indicam possíveis afinidades com cnidários atuais. Contudo, devido à simplicidade morfológica desses animais e fatores tafonômicos, padrões particulares ou anômalos podem ser gerados ou ocultar padrões reais, sendo difícil estabelecer a identificação em níveis taxonômicos inferiores.

As estruturas morfológicas observadas em alguns espécimes da coleção de paleontologia e no campo são comparáveis àquelas observadas em pólipos de antozoários, que incluem: 1. disco oral com tentáculos ou vestígios de tentáculos, abertura bucal, e evidências de abertura e fechamento do disco oral; 2. coluna, cavidade interna, estruturas anelares sobrepostas e septos ou mesentérios; e 3. disco aboral com fisa. Existe ampla variedade morfológica da coluna e região aboral, bem como da fisa. Na classe Anthozoa, os fósseis podem ser comparados à ordem Actiniaria, popularmente conhecidos como anêmonas-do-mar. Contudo, esses detalhes não estão bem preservados, dificultando uma identificação inequívoca. A seguir, são apresentadas as estruturas morfológicas observadas.

4.3.1 Disco oral

Descrição: Disco bipartido, discos externo e interno, margem incompleta ou completa. Margens externas ou internas do disco externo podem apresentar estruturas raiadas circundantes ou circulares. No centro do disco interno, mais plano e mais largo, pode haver estrutura circular central, relevo negativo ou positivo. Às vezes, no disco oral, há depressão central, bordas alargadas do disco externo e ausência do disco interno. Em Ed-63, o maior diâmetro do disco oral é 22,0 cm, largura das margens externas varia de 9,0 cm a 2 cm, em margens opostas. A menor medida do diâmetro maior do disco externo mediu 1,3 cm, mas a média é 8,4 cm. Coluna encontra-se abaixo do disco oral.

Material MDJ-Ed: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 39, 41, 42, 43, 47, 50, 52, 53, 56, 57, 65, 66, 69, 70, 72, 73, 74, 78, 86, 87, 89, 90, 91, 93, 96, 97, 101, 104, 107, 116, 120, 131, 133, 134, 136.

Comentários: Devido ao mal estado de preservação não foi possível a identificação de detalhes no disco oral em 47 espécimes. São eles: MDJ Ed-: 3, 6, 11, 13, 17, 51, 55, 59, 60, 62, 63, 64, 67, 68, 79, 80, 84, 85, 88, 92, 94, 95, 99, 100, 102, 103, 105,

108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 132, 135, 137.

4.3.1.I Estruturas raiadas ou tentáculos

Descrição: Essas são estruturas inconspícuas, alongadas, abundantes, raramente observadas, comprimento máximo 4,0 cm e largura média de 0,5 cm, comuns na margem externa do disco externo, às vezes, estando aparentemente ligadas a pequenas depressões circulares basais (Figura 11).

Material MDJ-Ed: 07, 57 e espécimes fotografados no campo.

4.3.1.II Estrutura circular central ou abertura bucal

Descrição: Preservada em relevo positivo e negativo, na região central do disco oral, interpretada como uma boca. Diâmetro varia de 1 cm a 3 cm (Figura 11A, B e F).

Material MDJ-Ed: 01, 04, 05, 07, 08, 14, 20, 22, 26, 30, 34, 39, 47, 50, 53, 56, 57, 65, 66, 72, 87, 96, 97, 104, 107, 116, 120, 124, 131, 133.

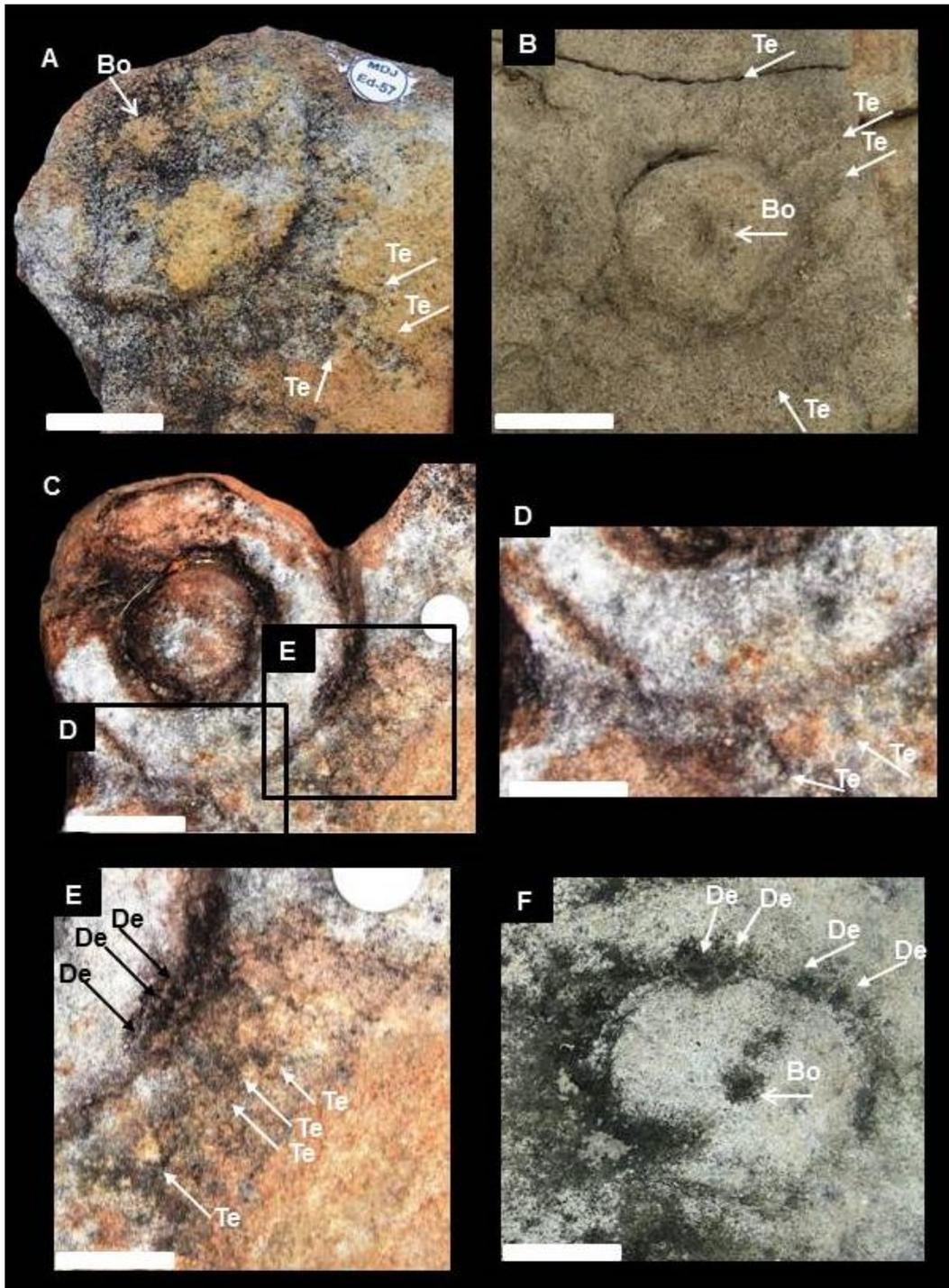
4.3.1.III Estruturas circulares ou vestígios de tentáculos

Descrição: Pequenas depressões circulares na porção oral, diâmetros aproximadamente constantes, de 0,5 cm, variando entre 0,4 cm e 0,7 cm, distribuídas regularmente na margem interna do disco externo, ou na margem externa, ou em ambas as margens.

Material MDJ-Ed: 04, 07, 56, 66, 86, 87 e 104.

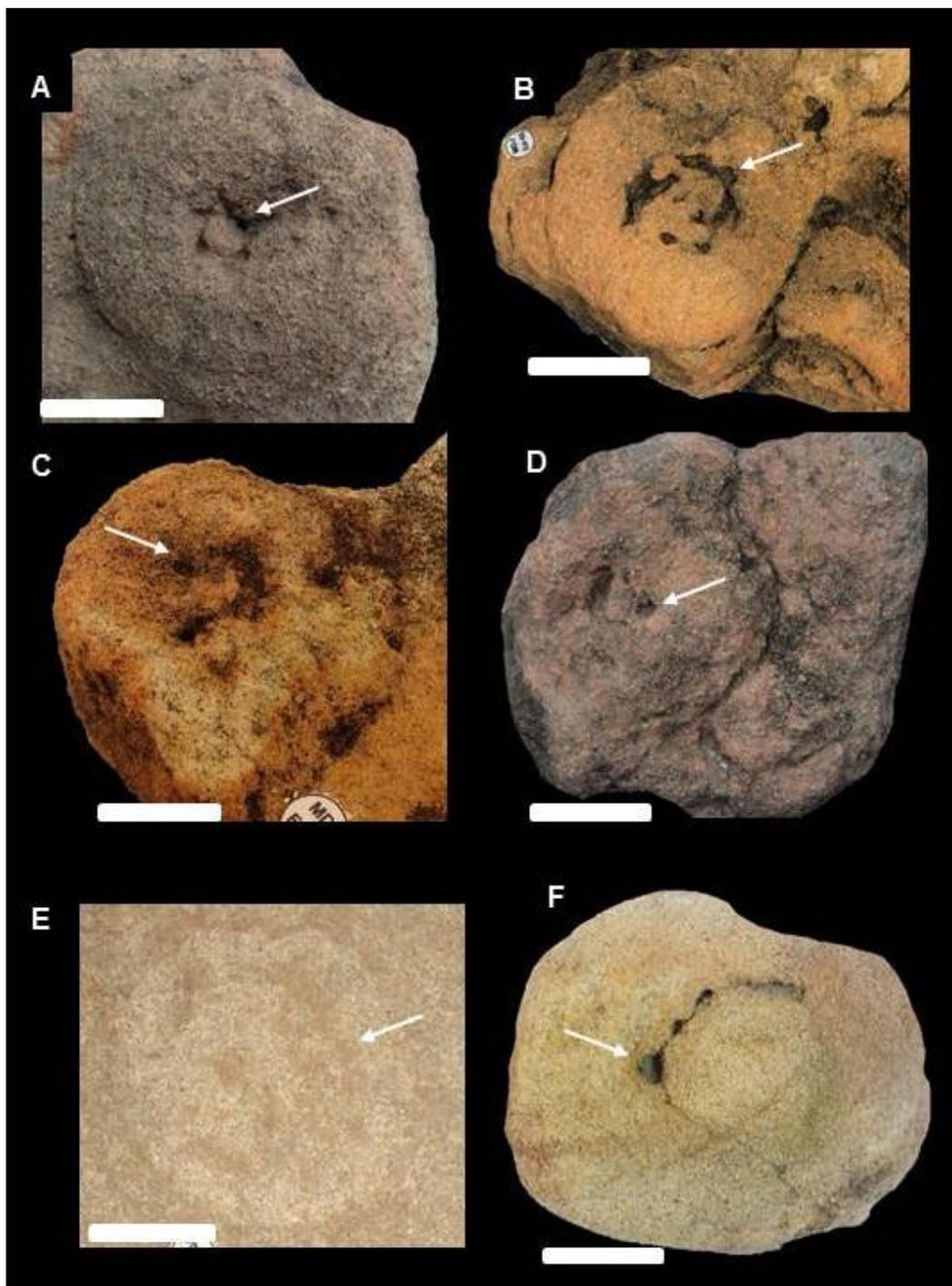
Comentários: Em MDJ Ed-04, 56, 86, 87 e 104, as marcas de tentáculos aparecem somente na margem interna do disco externo. Mostram-se dois modos de disposição dos vestígios na margem interna: (1) eles circundam uma estrutura central em relevo positivo, como em Ed-56, Ed-66, Ed-86 e Ed-104 (Figura 12 A-D); e (2) os mesmos são separados dessa estrutura central por uma superfície plana e regular, como em Ed-04 e Ed-87 (Figura 12 E-F). Em Ed-86, as estruturas circulares foram possivelmente erodidas e, ao se mesclarem, formaram uma estreita depressão que circunda uma estrutura circular central menor, em relevo positivo.

Figura 11. Disco oral com estruturas raiadas, vestígios e círculo mediano. A, MDJ Ed-57 (Escala: 3 cm); B, espécime fotografado no campo (Escala 3 cm); C, MDJ Ed-07, visão geral do espécime (Escala: 4 cm); D, detalhe de Ed-07, (Escala 2,5); E, detalhe de Ed-07 (Escala 2,5 cm); F, espécime fotografado no campo (Escala: 3 cm). Bo, boca; Te, tentáculos; De, depressões circulares.



Fonte: C, D, E, arquivo LABOPALEO.

Figura 12. Estruturas circulares na margem interna do disco externo. A, Ed-104 (Escala 3 cm); B, Ed-66 (Escala 6 cm); C, Ed-56 (Escala 3 cm); D, Ed-86 (Escala: 5 cm); E, Ed-04 (Escala 3 cm); F, Ed-87 (Escala 4 cm). As setas indicam as pequenas estruturas circulares.



4.3.1.IV Abertura e/ou fechamento do disco oral

Descrição: MDJ Ed-30 (Figura 13 A e D), discos concêntricos, com externo maior, circundando ou cobrindo uma superfície regular e plana que possui uma estrutura circular menor central, a abertura bucal, com relevo positivo. No disco externo, margem externa é circular, margem interna com forma aproximadamente poligonal, apresentando porções alongadas dirigindo-se para o centro do disco menor. MDJ Ed-35, semelhante à MDJ Ed-30, porém disco externo é mais largo, margem interna possui mais alongamentos que estão mais avançados em direção ao centro do disco, estrutura circular menor central não é visualizada, há diminuição da superfície plana e regular, com início da formação de uma depressão central (Figura 13 B e E). MDJ Ed-41 (Figura 13 C e F), semelhante à MDJ Ed-35, porém há apenas uma depressão central circundada diretamente pelas margens internas mais largas do disco externo.

Material: 1. Disco oral aberto (MDJ Ed) - 1, 4, 5, 7, 8, 12, 14, 16, 20, 22, 26, 30, 34, 39, 47, 50, 53, 56, 57, 65, 66, 72, 78, 87, 96, 97, 104, 107, 116, 120, 131, 133, 136; 2. Disco oral fechado (MDJ Ed) - 9, 10, 18, 23, 24, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 41, 42, 43, 52, 69, 70, 73, 74, 86, 89, 90, 91, 93, 101, 134.

Comentários: Esses três espécimes apresentam o avanço da borda interna do disco externo em direção ao centro do disco oral, sendo iniciado em Ed-30 e Ed-35, cobrindo a coluna e abertura bucal, finalizado em Ed-41, quando é formada uma depressão central, possuindo bordas mais largas. Essa sequência pode representar estágios sucessivos do movimento de abertura e fechamento do disco oral. Portanto, a posição do disco oral distribui-se em duas categorias. 1. Disco oral aberto: discos concêntricos, com um disco externo maior e estrutura circular menor no centro, ambos separados por uma superfície plana ou por uma depressão, podendo ter estruturas raiadas (tentáculos) ou apresentando evidências dessas estruturas; 2. Disco oral fechado: possui apenas uma depressão central circundada por bordas externas largas, pode ter forma variada, circular, retangular ou ovalada (Figura 14A, B e C). Alguns espécimes não apresentam qualquer evidência de disco oral aberto ou fechado (Figura 14D). Diferente do espécime Ed-41 (disco oral fechado sem tentáculos), pressupõe-se que deveria ser possível visualizar tentáculos em espécimes com disco oral aberto ou semiaberto, que, no entanto, estão ausentes em Ed-30 e Ed-35. Contudo, o espécime Ed-104, possui disco externo com margens alongadas em direção a estrutura circular menor, em relevo positivo. Estas margens

internas estão limitadas por pequenas estruturas circulares menores, com tamanhos semelhantes (0,5 cm) e distribuídas igualmente.

Figura 13. Sugestiva seqüência de fechamento do disco oral. A, MDJ Ed-30, com início do fechamento; B, MDJ Ed-35, estágio intermediário, com formação de uma depressão no centro; C, MDJ Ed-41, estágio final da seqüência (escalas: 4 cm). Os esboços D-F correspondem às figuras de A-C, respectivamente.

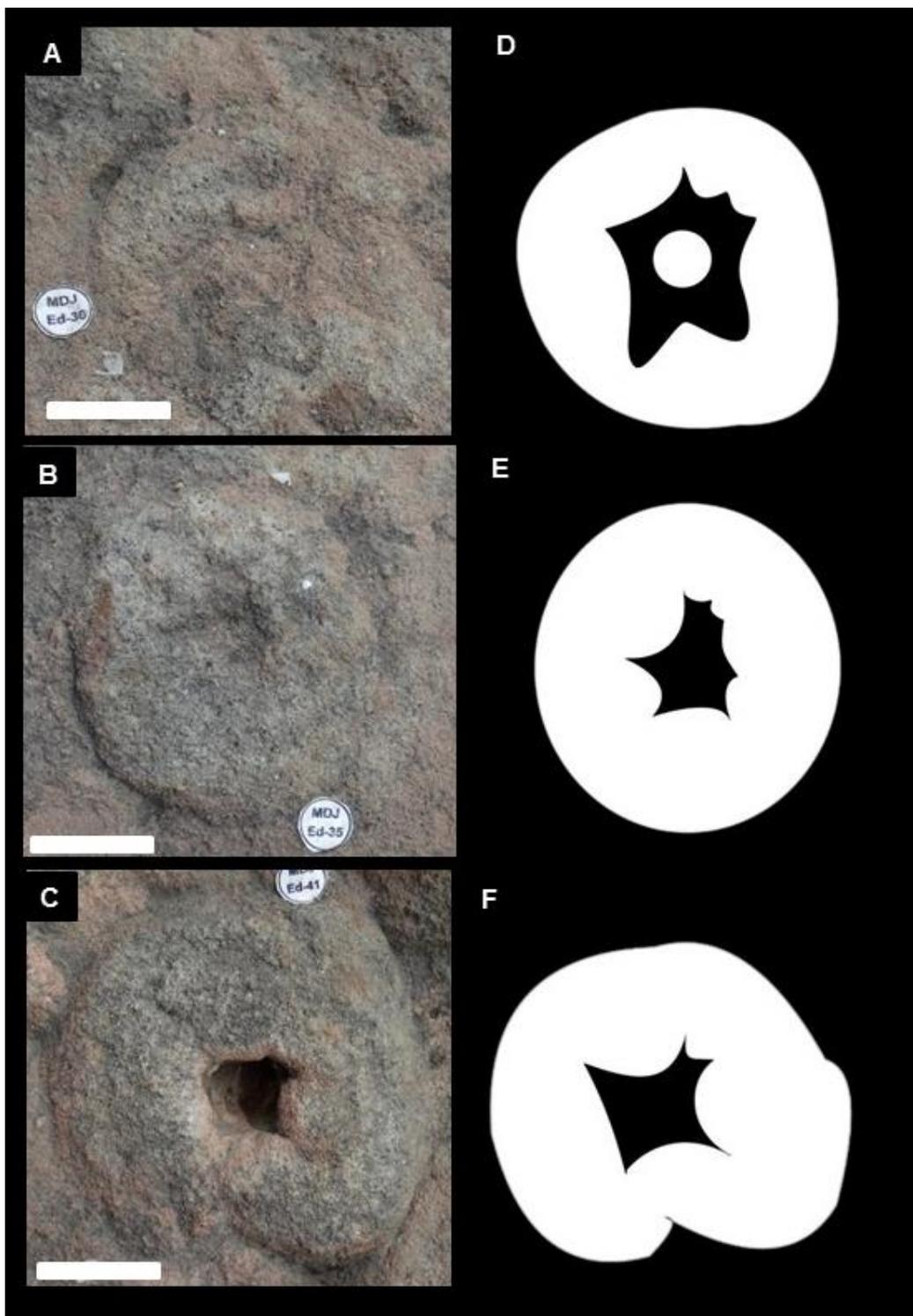
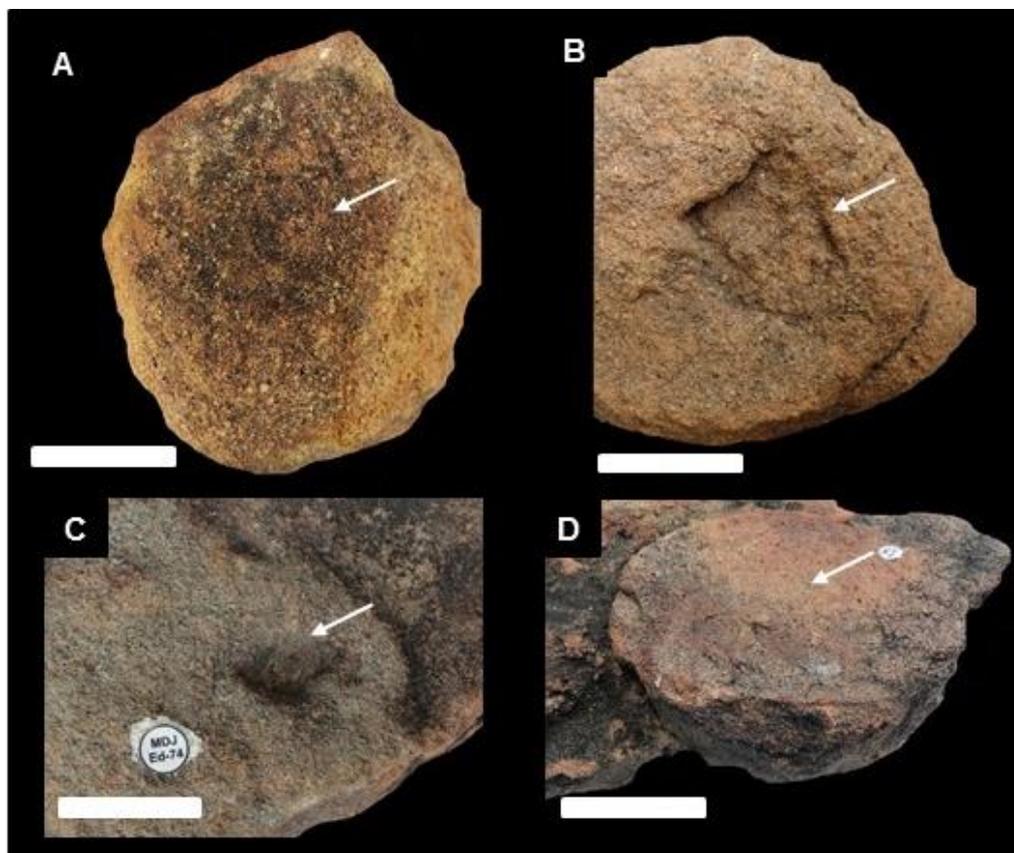


Figura 14. Diversidade de formas do disco oral fechado. A, MDJ Ed-18, disco oral fechado com forma circular (escala: 5 cm); MDJ Ed-89, disco oral retangular (escala: 8 cm); MDJ Ed-74, disco oral ovalado (escala: 3 cm); D, MDJ Ed-67, não apresenta qualquer evidência de abertura e fechamento no centro do disco oral. (escala: 5 cm).



4.3.2 Coluna

Descrição: Essa é uma estrutura de conexão entre o disco oral e aboral. A relação estabelecida entre as medidas da altura da coluna e o diâmetro dos discos superior e inferior para a descrição das formas encontradas revelou ampla diversidade morfológica (Figuras 15 e 16). A média da altura da coluna destes espécimes é 6,78 cm, sendo o maior valor de 14 cm (MDJ Ed-66) e menor valor de 1 cm (MDJ Ed-72).

Material MDJ Ed: Cilindro médio: 18, 90, 109; Disco-disco alargado: 62, 111; Cilindro-cone truncado: 10, 84, 91, 101, 122; Disco: 1, 59, 63, 72, 100, 137; Cone: 11, 12, 92, 96, 113, 114, 116, 119, 124, 126; Cone truncado: 9, 25, 50, 55, 67, 85, 86, 102; Cilindro curto: 7, 16, 17, 56, 57, 60, 69, 79, 80, 87, 88, 89, 103, 110, 112, 115, 120, 131, 132; Cilindro-cilindro alargado: 8, 66, 74, 93.

Comentários: É difícil estabelecer uma relação da média da coluna com o tamanho real dos espécimes, uma vez que os mesmos podem modificar a coluna de acordo com o comportamento. A maioria dos espécimes apresentaram forma cilíndrica curta, podendo ser a morfologia original das anêmonas-do-mar e as demais, resultados das atividades biológicas. A altura da coluna não sugere uma relação de proporção com o diâmetro do disco oral, uma vez que suas medidas nos espécimes MDJ Ed-63 (28 cm) e MDJ Ed-72 (10 cm) ultrapassam significativamente as medidas da altura da coluna, 7 cm e 1 cm, respectivamente, e pode indicar uma posição retraída da anêmona-do-mar. A dificuldade de observação da coluna é devido ao soterramento total de muitos fósseis. Por exemplo, exemplares MDJ Ed-19 a Ed-55 encontram-se todos num grande bloco (aproximadamente 1 m² e 15 cm de espessura), sendo possível observar a coluna apenas em quatro espécimes, nas margens desse bloco.

4.3.2.I Divisões radial e longitudinal ou mesentérios

Descrição: Divisões radiais no disco oral, mal preservadas, circundam pequena depressão central e estendem-se do eixo central em direção à margem externa, dividindo a circunferência superficialmente (Figura 17A); A única estrutura longitudinal preservada (Figura 17B) na cavidade interna da coluna, estende-se do disco oral até o disco aboral.

Material MDJ-Ed: 10 e 109.

4.3.2.II Cavidade interna e estruturas anelares sobrepostas:

Descrição: Cavidade interna, presente entre a região aboral e oral, circundada por paredes da coluna e composta por estruturas anelares sobrepostas, da base para o topo (Figuras 18 e 19). Essas estruturas anelares e a cavidade interna foram visíveis apenas com o uso de tomografia computadorizada. Uma estrutura cilíndrica estende-se da região oral até a porção média da cavidade, podendo ser um vestígio da actinofaringe. No lado oposto, observa-se modificação na região aboral, interpretada como fisa. É notável a diferença entre o tamanho do grão da cavidade interna, mais fino, e da coluna, geralmente mais grosso.

Material MDJ Ed-: 09, 10, 56, 57 e 104.

Figura 15. Diversidade morfológica da coluna e região aboral. A e B, cilindro médio (Ed-90/escalas: 4 cm); C e D, disco-disco alargado (Ed-111/escalas: 4 e 6 cm); E e F, cilindro-cone truncado (Ed-101/escalas: 4 cm); G e H, disco (Ed-72/escalas: 3 cm). R.O, região oral; Cl, coluna; R.A, região aboral.

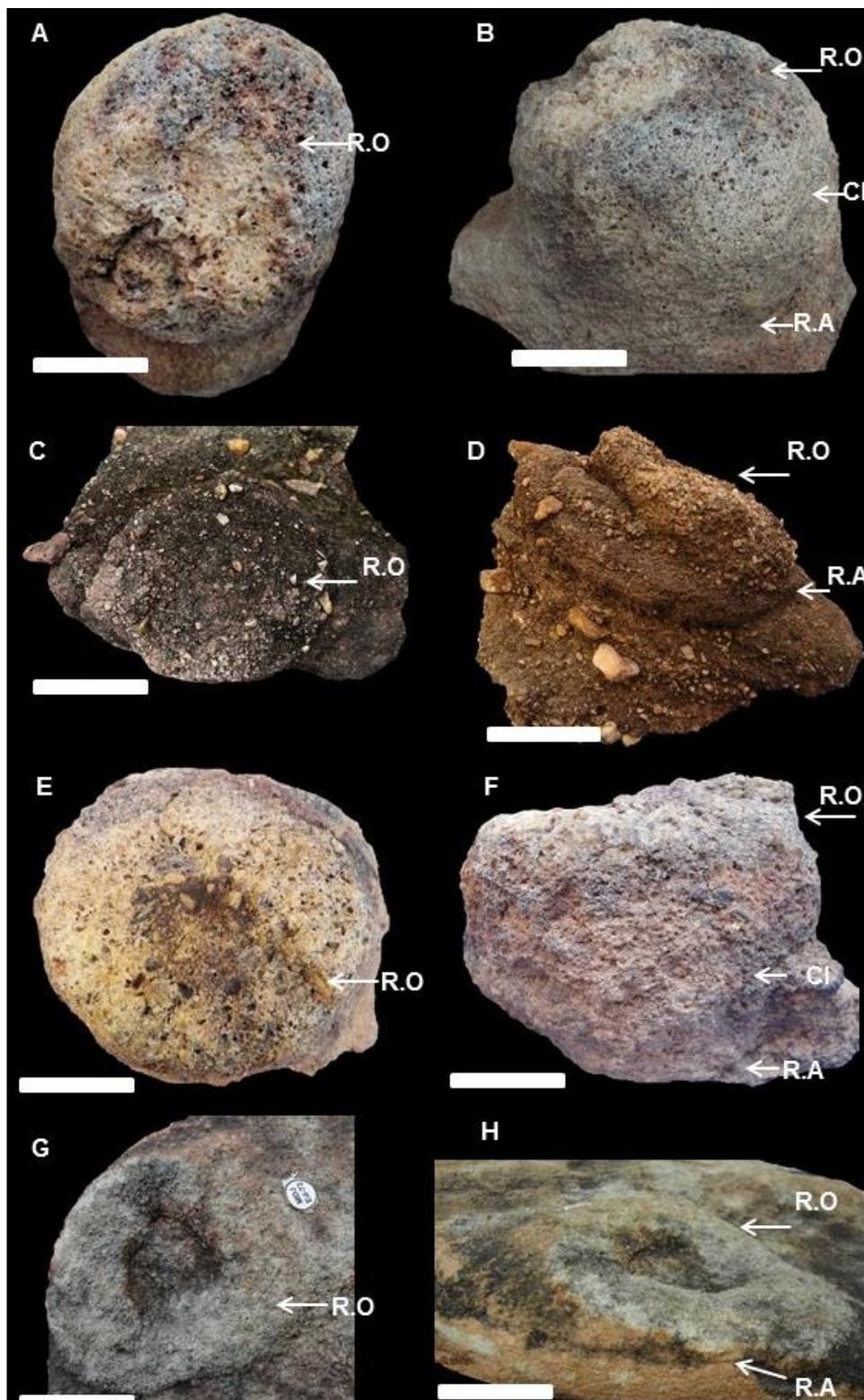


Figura 16. Diversidade morfológica da coluna e região aboral. A e B, cilindro médio (Ed-18/escalas: 5 cm e 8 cm); C e D, Cilindro-cilindro alargado (Ed-93/escalas: 4 e 5 cm); E e F, cônica truncada (Ed-91/escalas: 5 e 4 cm); G e H, discoide (Ed-63/escalas: 15 e 11 cm). R.O, região oral; Cl, coluna; R.A, região aboral.

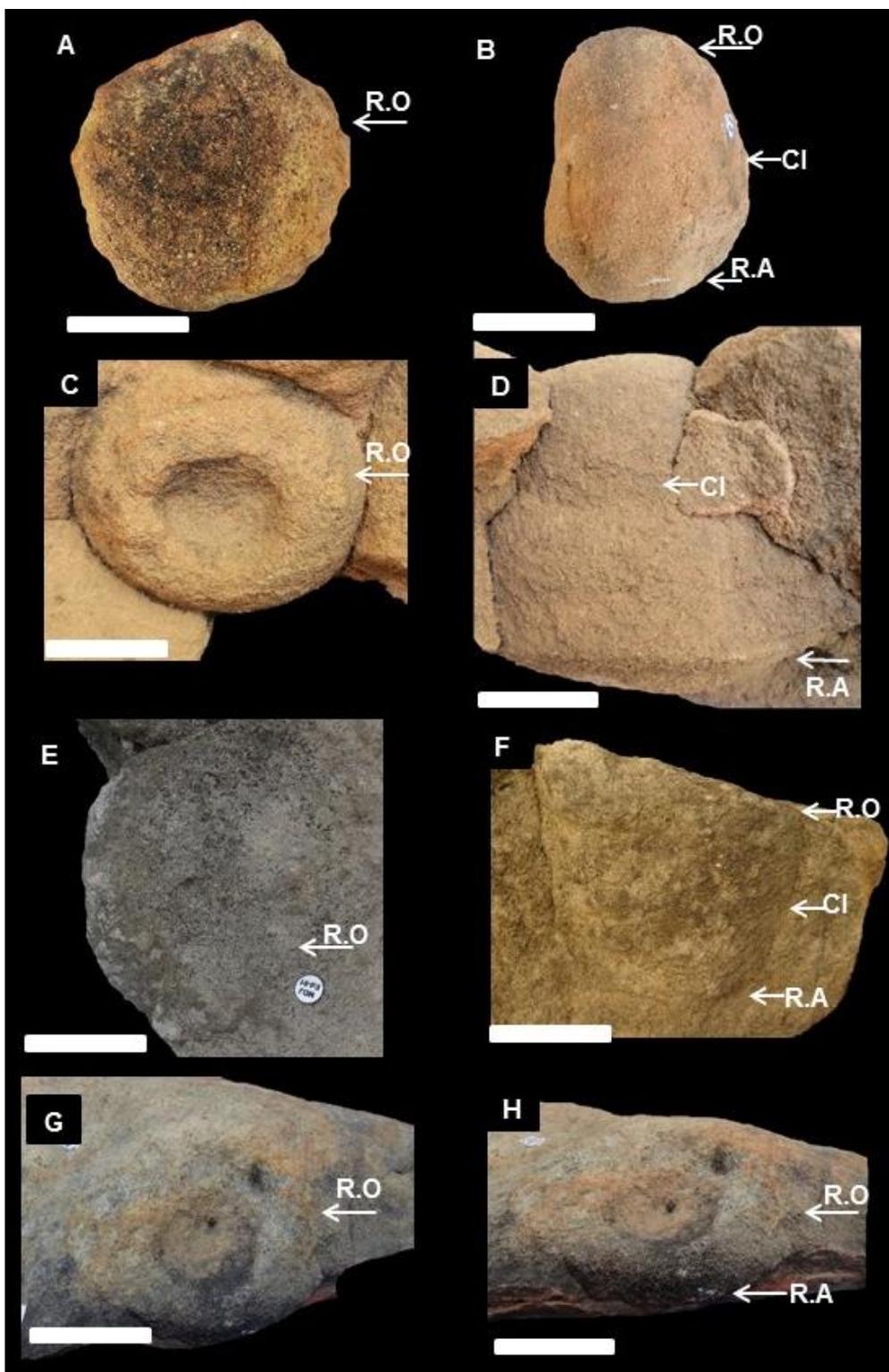


Figura 17. Possível existência de mesentério. A, MDJ Ed-10, com partições radiais (escala: 3,5 cm); B, MDJ Ed-109, com partições longitudinais (escala: 3,0 cm).



Figura 18. Visualização de cavidade interna em MDJ Ed-10 com o uso de tomografia computadorizada. A presença do marcador preto em A1 e B1 indica a porção corporal analisada (escalas: 6 cm). A2 e B2 apresentam detalhes da cavidade interna (escalas: 3 cm). Cl, coluna; C.i. cavidade interna; An, anéis; Fi, fisa.

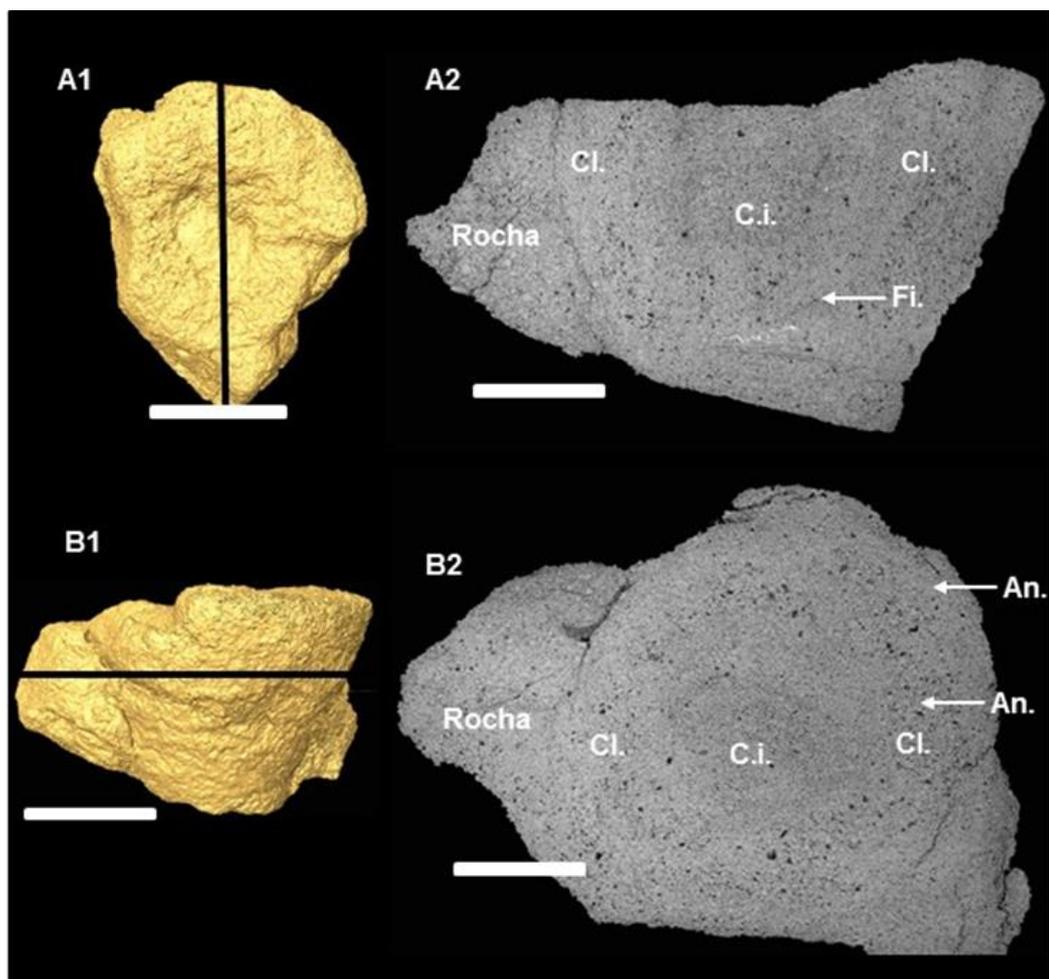
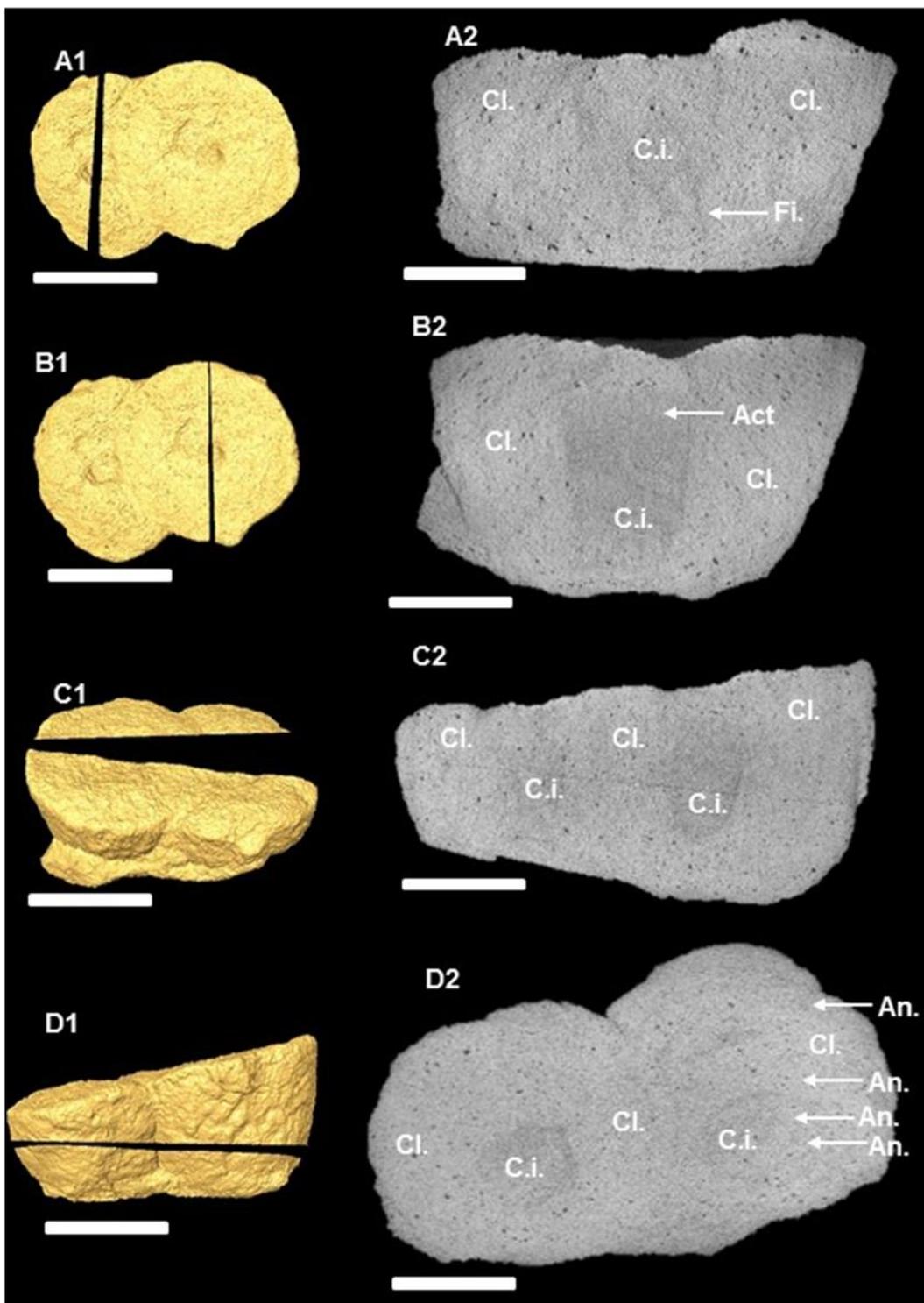


Figura 19. Visualização de cavidade interna em MDJ Ed-09 com o uso de tomografia computadorizada. A presença do marcador preto em A1-D1 indica a posição corporal analisada (escalas: 8 cm). A2 a D2 apresentam detalhes da cavidade interna (escalas: 3 cm/ 4 cm/ 4 cm /3 cm). Cl, coluna; C.i. cavidade interna; An, anéis; Act, actinofaringe.



4.3.3 Disco aboral com fisa

Descrição: Modificação na base da coluna, que assume diferentes formas (Figura 20A-E): I) pequeno círculo central em relevo positivo (Ed-101); II) pequeno círculo central em relevo negativo (Ed-10); III) estrutura discoide com borda alargada e depressão central (Ed-66); IV) Disco concêntrico com disco externo e interno separados por um círculo de profundidade rasa e, na porção central, há estrutura circular em relevo negativo (Ed-93); V) bordas alargadas com região central plana.

Material - MDJ Ed: 07, 08, 09, 10, 16, 56, 60, 66, 74, 80, 93, 101, 102 e 110.

Comentários: A visualização da fisa ficou limitada aos espécimes desprendidos da rocha hospedeira. Essa estrutura ocorre nos espécimes com diferentes formas (cônica, cilíndrica, cilíndrica com base expandida, cônica com base truncada e/ou discoide), podendo ser visualizada em relevo negativo ou positivo com relação a base da coluna. A variedade da forma da fisa pode ser resultado de diferentes estágios de escavação no substrato.

Em síntese, os gráficos 1, 2 e 3 contêm a quantidade de espécimes analisados e os caracteres observados.

4.4 ESTUDO TAFONÔMICO BÁSICO

No habitat rochoso de qualquer profundidade da lâmina d'água, anêmonas-do-mar têm pouca probabilidade de deixar registros. O potencial de fossilização é maior em espécies que vivem enterradas em substratos inconsolidados, devido à possibilidade de as escavações serem preservadas como icnofósseis (Seilacher & Gishlick, 2015), portanto fósseis corporais de anêmonas-do-mar são raros.

A preservação dos cnidários também se deve à variedade de esqueletos desses organismos. Nas anêmonas-do-mar e alguns outros pólipos, o principal meio de suporte é um esqueleto hidrostático e uma espessa mesogleia. O esqueleto hidrostático oferece pouca rigidez, e alguns pólipos aglutinam matéria alóctone, como grãos de areia e fragmentos de conchas, secundariamente aumentando a proteção e endurecendo seus corpos, adaptação conhecida como comportamento de cobertura (Ruppert *et al.*, 2005). O comportamento de cobertura e a atividade de escavação nos substratos inconsolidados podem ter facilitado a preservação em ambiente de alta energia.

Figura 20. Modificações da região aboral. A, MDJ Ed-101, base com estrutura em relevo positivo (Escala: 3 cm); B, MDJ Ed-10, estrutura basal em relevo negativo (escala: 4 cm); C, MDJ Ed-66, região aboral termina em disco (escala: 5 cm); D, MDJ Ed-93, região aboral apresenta disco concêntrico (escala: 4 cm); E, MDJ Ed-74, região aboral com bordas alargadas e região central plana; E-J, respectivos desenhos esquemáticos dos espécimes descritos.

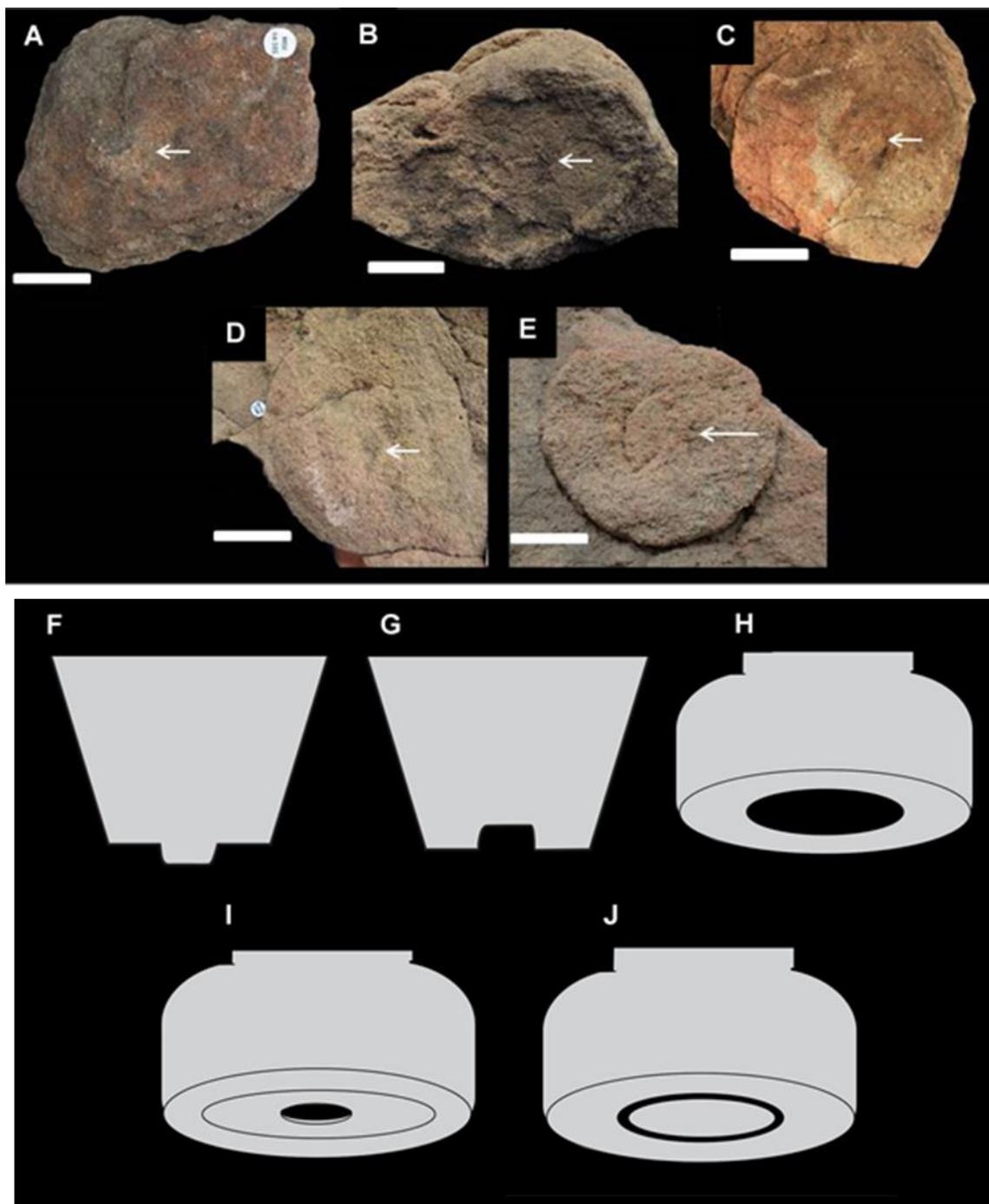


Gráfico 1. Discriminação dos fósseis da Coleção de Paleontologia, no MDJ.

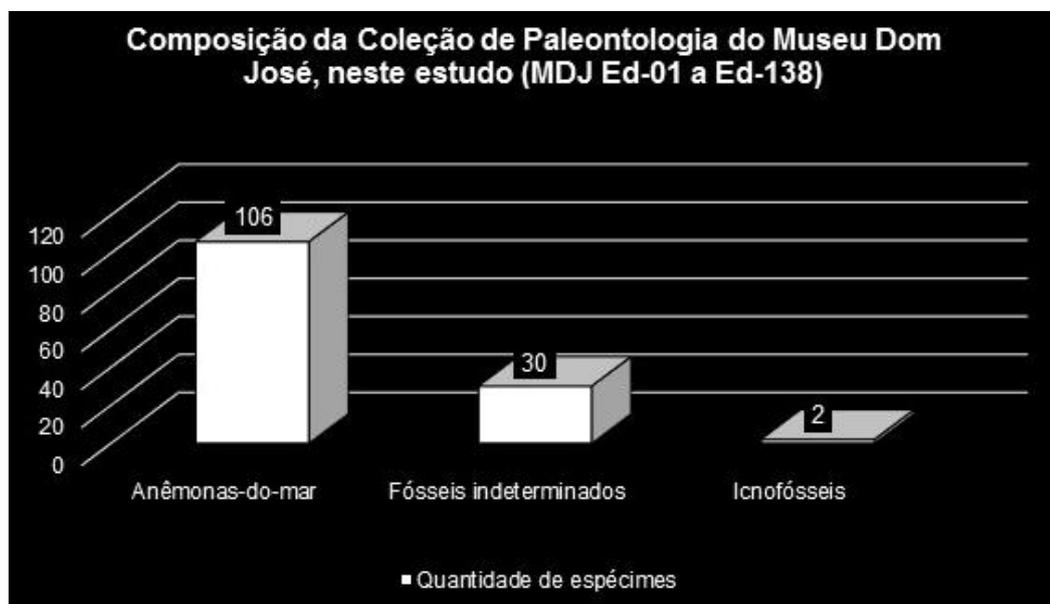


Gráfico 2. Tipos e quantidade de caracteres relacionados ao grupo dos actiniários, observados na coleção do MDJ.

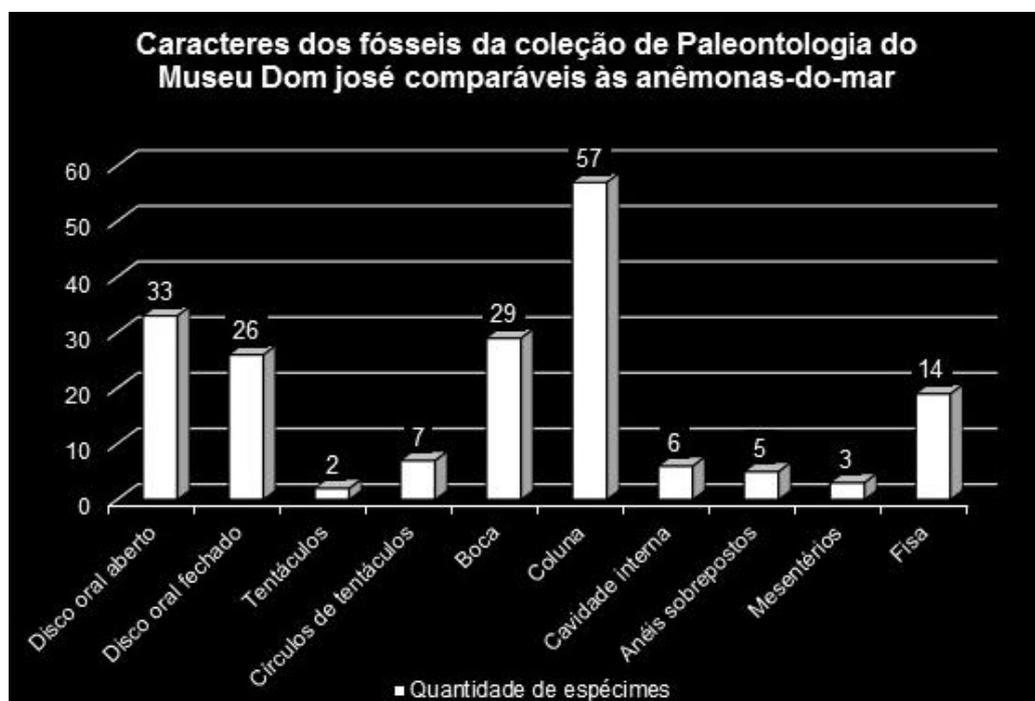
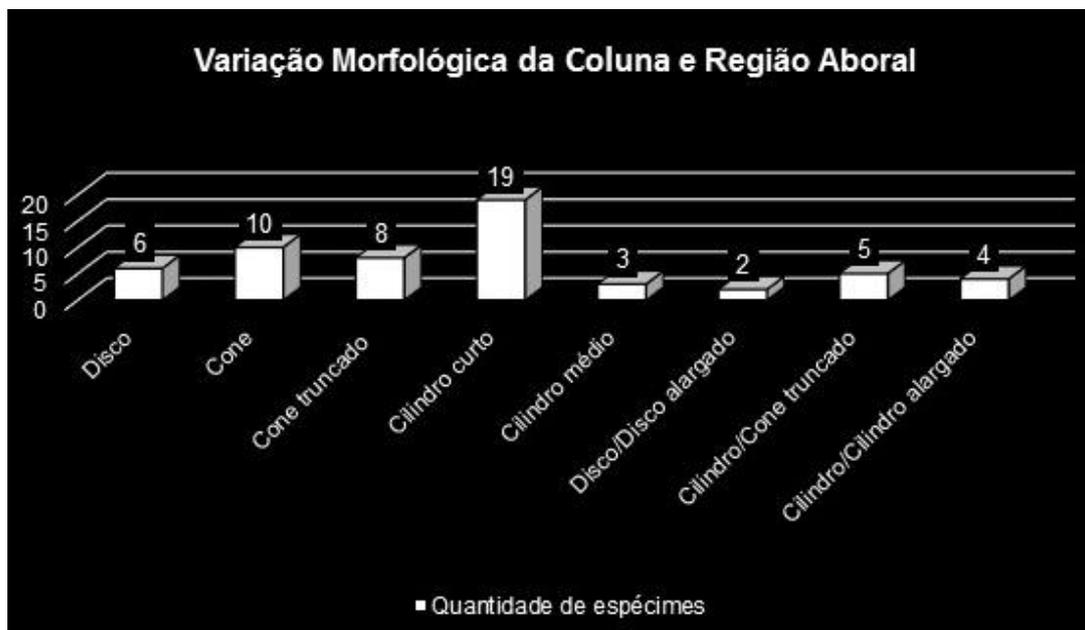


Gráfico 3. Quantidade absoluta da diversidade morfológica da coluna e região aboral na coleção do MDJ.



Nesse sentido, são apresentadas feições e classes tafonômicas para elucidar o modo de preservação dos fósseis, bem como a influência dos fatores ambientais e biológicos no processo de fossilização.

4.4.1 Feições sedimentológicas: as rochas analisadas são compostas de material terrígeno, fração cascalhosa a areia média, com grãos predominantemente angulosos e mal selecionados, ricos em quartzo e feldspato. Os depósitos fossilíferos são encontrados em três litofácies: arenito conglomerático, arenito com níveis cascalhosos e arenito grosso a médio. A tabela 1 apresenta os afloramentos visitados com as respectivas litofácies.

4.4.2 Feições bioestratinômicas: Há apenas aglomeração de anêmonas-do-mar preservadas em posição de vida. A necrólise pode ter alguma influência na perda de tentáculos e ocorreu com pouco ou nenhum oxigênio livre. Contudo, devido ao soterramento rápido que causou a morte desses organismos e à ausência de outras feições bioestratinômicas (desarticulação e transporte), admite-se que a biota permaneceu pouco ou nenhum período na Zona Tafonomicamente Ativa (Davies *et*

al., 1989), sendo logo incluída na Zona de Soterramento Final. Como a perda da informação biológica não ultrapassou o processo de necrólise, que teve pouca influência, há uma alta quantidade de informação paleobiológica e paleoecológica

4.4.3 Feições diagenéticas: compactação mecânica e química; cimentação por óxido/hidróxido de ferro, caulinita e sílica, alteração e substituição de grãos (Detalhes na tabela 2).

4.4.4 Feições paleoecológicas: a assembleia é autóctone, uma vez que as anêmonas-do-mar são encontradas em posição de vida, e associadas a icnofósseis de invertebrados. Essa diversidade taxonômica atesta uma composição do tipo poliespecífica. A morte desses animais é resultado do soterramento rápido, portanto um evento catastrófico, gerando um tipo de morte não-seletiva (Shipman, 1981), com ausência de extremos populacionais – sem maior presença de indivíduos jovens e senis.

A preservação *in situ* implica na ausência de mistura temporal (Kidwell & Behrensmeyer, 1993) e contribui para uma alta resolução espacial. Caso fossem transportados, antes do soterramento final, estes organismos de corpos moles, similares a uma bolsa de água, teria pouca ou nenhuma chance de preservarem estruturas delicadas, já que em meio a grãos cascalhosos no ambiente de alta energia, a desintegração seria o destino final.

4.4.5 Classes tafonômicas

O modo de escavação das anêmonas-do-mar no substrato é um fator que dificulta o reconhecimento de características anatômicas desses organismos. Por exemplo, em posição de ancoragem, apenas o disco oral está no topo da camada, já a coluna e região aboral encontram-se soterradas. Esse modo de ocorrência pode gerar interpretações equivocadas sobre a verdadeira morfologia do fóssil, uma vez que no campo, observa-se comumente as superfícies das camadas e, portanto, apenas os discos orais dos fósseis (Figura 21).

Sabendo da dificuldade de reconhecimento da coluna e que sua modificação é em grande parte devido às atividades vitais do organismo durante o processo de escavação, as classes tafonômicas, ao serem apresentadas, consideram principalmente o disco oral, com seus atributos anatômicos (presença ou ausência de

tentáculos) e fisiológicos (movimento de abertura e fechamento do disco oral), com pouca referência à coluna. Os 106 espécimes fósseis comparáveis às anêmonas-do-mar foram incluídos dentro de oito classes tafonômicas

Figura 21. Afloramento de Pacujá com formas aparentemente discoides na superfície. Estas (indicadas pelas setas) podem representar o disco oral contraído das anêmonas-do-mar. Escala: 50 cm.



As duas classes tafonômicas “1” e “4” estão relacionadas às atividades de vida das anêmonas-do-mar, apresentando disco oral aberto com tentáculos (Figura 11) e disco oral fechado (Figura 14A, B e C), respectivamente, onde há pouca alteração morfológica original,

As Classes “2” e “3” são atribuídas respectivamente aos espécimes com disco oral aberto com vestígios circulares da base de tentáculos (Figura 12) e espécimes de disco oral aberto sem evidências de tentáculos.

Os espécimes fósseis incluídos na “Classe 5” não apresentam indícios de disco oral expandido nem tentáculos visíveis ou disco retraído, sendo a única característica reconhecível como anêmona-do-mar, a presença de uma coluna (Figura 22).

A “Classe 6”, disco oral aberto sem evidências de tentáculos e com achatamento da coluna (Figura 23).

Na “Classe 7”, o fóssil tridimensional com forma cônica truncada apresenta coluna totalmente inflada, com alguma deformação entre o disco oral e coluna (Figura 24). Ocorre em um único espécime (Ed-102).

A “Classe 8” refere-se a presença de molde externo do disco oral preservado como hiporrelevo negativo em camada que contém outros fósseis preservados tridimensionalmente (Figura 25).

Os caracteres anatômicos dos antozoários estão mal preservados, são bastante raros e se relacionam com a granulometria do sedimento. Desse modo, na maioria dos fósseis observados da coleção de paleontologia (classe 5), encontrados em todas as litofácies fossilíferas (II, III, IV) não é possível a determinação do disco oral (aberto ou fechado), representando a perda de informação biológica. Ainda nessas mesmas litofácies, observa-se o disco oral fechado sem tentáculos (classe 4), representando o registro mais completo dos espécimes em granulometria mais grossa, visto que essa morfologia é resultado de uma atividade vital dos organismos. Já nas litofácies II e IV, foram encontrados discos orais abertos sem evidências de tentáculos (classe 3). Na litofácies IV, com granulometria mais fina desta pesquisa (arenito grosso), encontram-se preservados espécimes com detalhes anatômicos delicados do disco oral, incluindo a presença de tentáculos (classe 1), vestígios de tentáculos (classe 2). Há também espécimes com achatamento (classe 6) e deformação da coluna (classe 7).

Figura 22. Classe tafonômica 5. A, MDJ Ed-67 visto em planta e em perfil (Escala: 5 cm). Presença da coluna, porção oral e porção aboral.

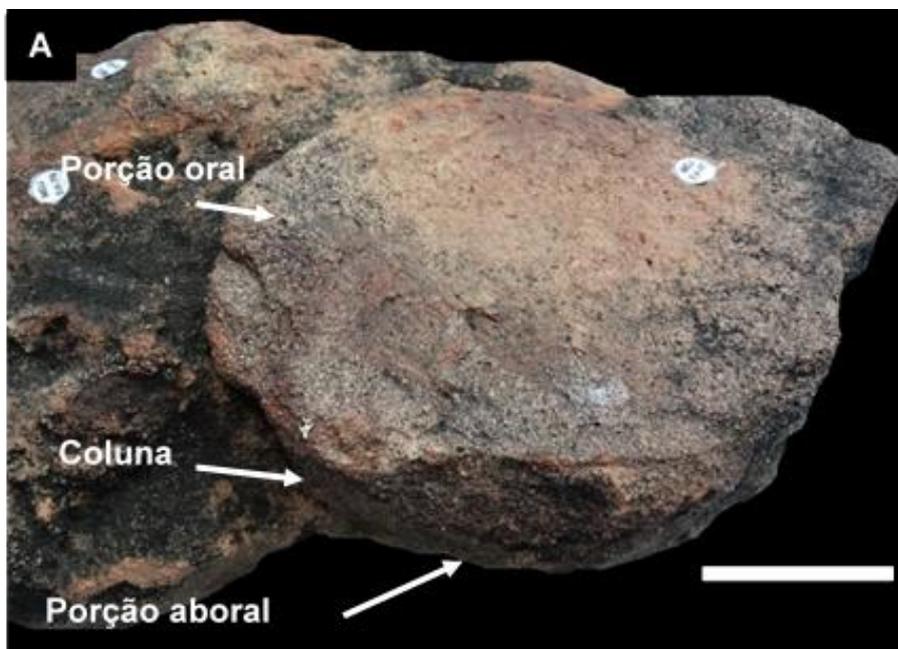


Figura 23. Classe tafonômica 6. Evidências de achatamento de anêmonas-do-mar, com disco oral sobre região aboral. A, Ed-65 (escala: 4 cm); B, Ed-47. D.O., disco oral; R.A., região aboral.

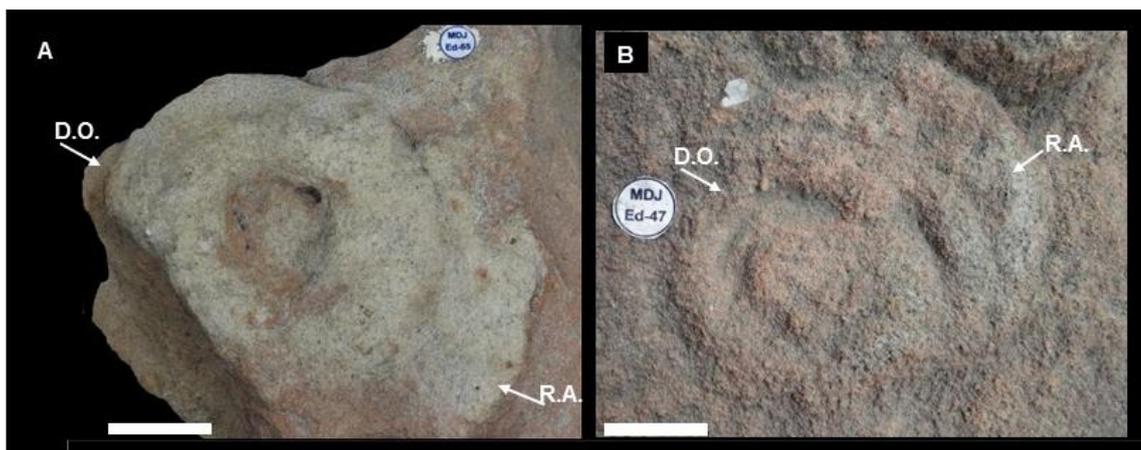


Figura 24. Classe tafonômica 7. Evidências de deformação da coluna. Escalas: 3 e 5 cm, respectivamente.

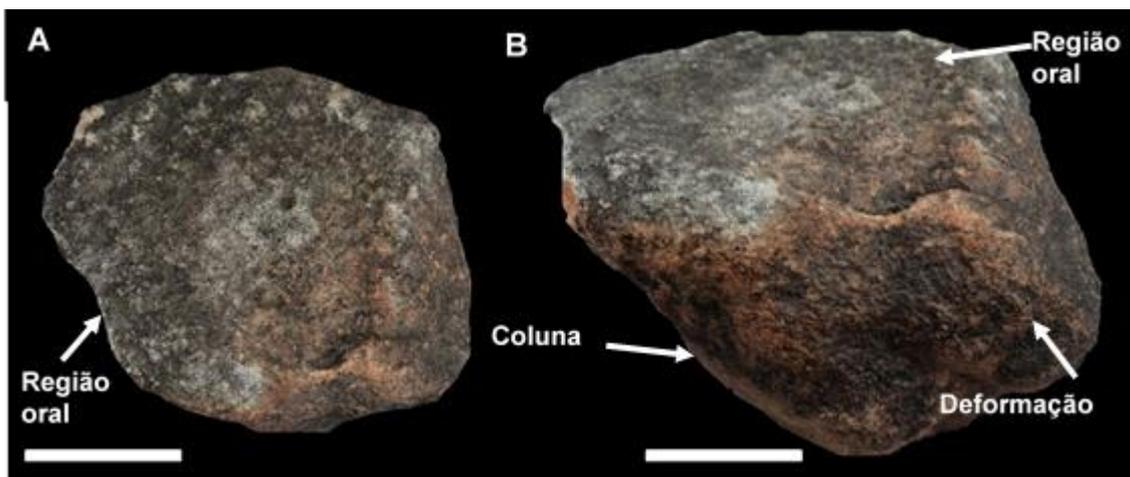
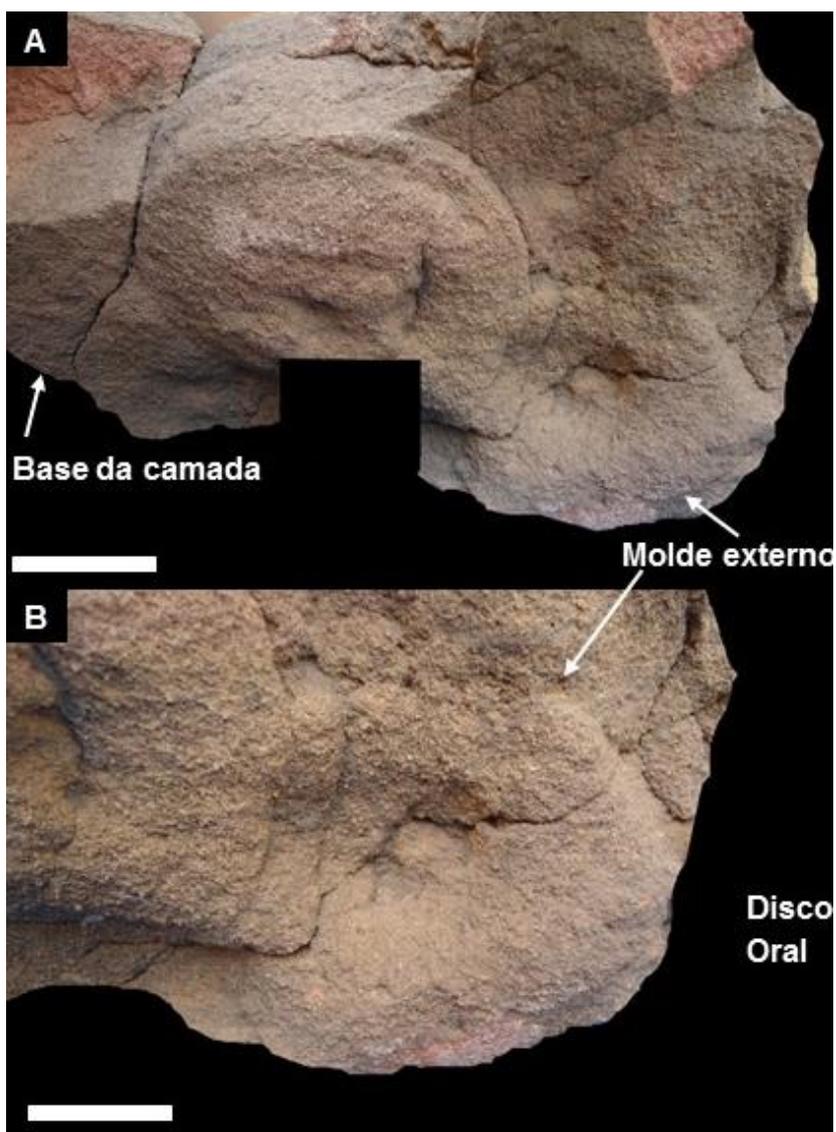


Figura 25. Classe tafonômica 8. Molde externo do disco oral de anêmona-do-mar (MDJ Ed-94). A, visão geral do bloco com molde externo na base da camada (escala: 6 cm); B, disco oral preservado em relevo negativo (escala: 4 cm).



A seguir, revela-se, em porcentagem, a representatividade de cada classe tafonômica dos espécimes do Museu Dom José (Gráfico 4). Tenta-se relacionar essas classes a uma condição ambiental, a fim de entender os processos tafonômicos, bem como confrontá-las com a litologia associada (Tabela3).

Gráfico 4. Distribuição dos espécimes nas classes tafonômicas, com dados em porcentagem.

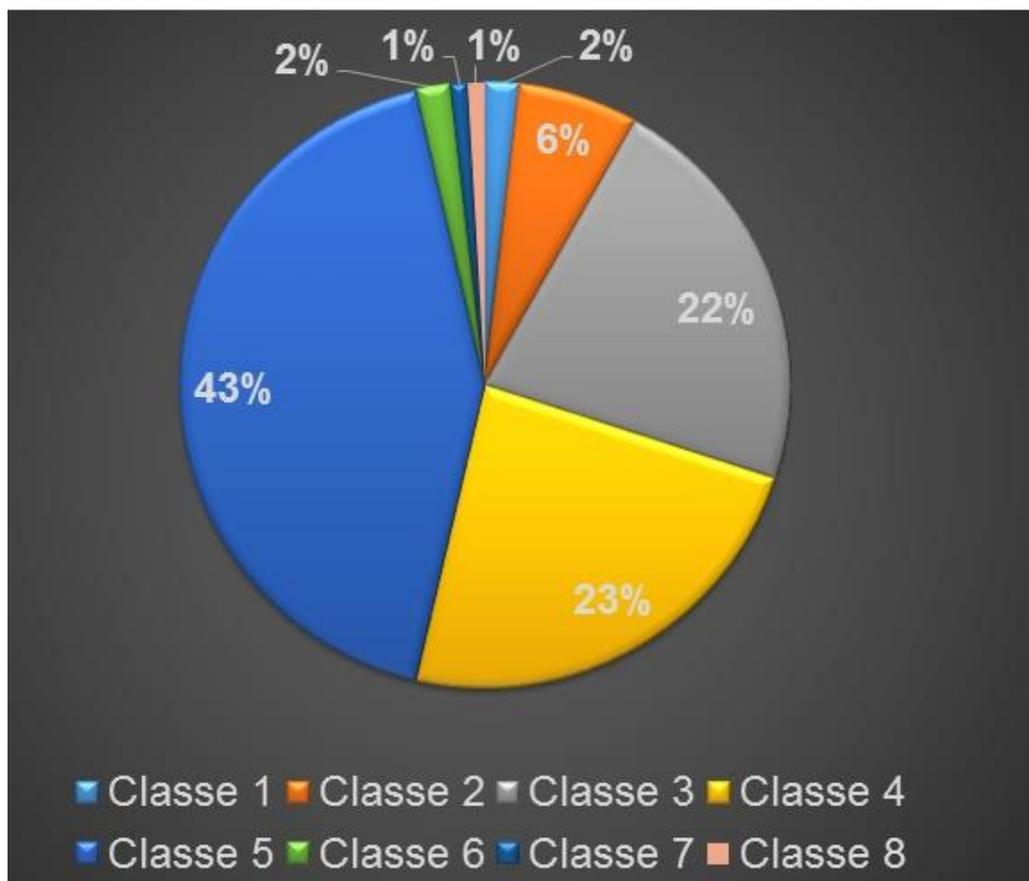
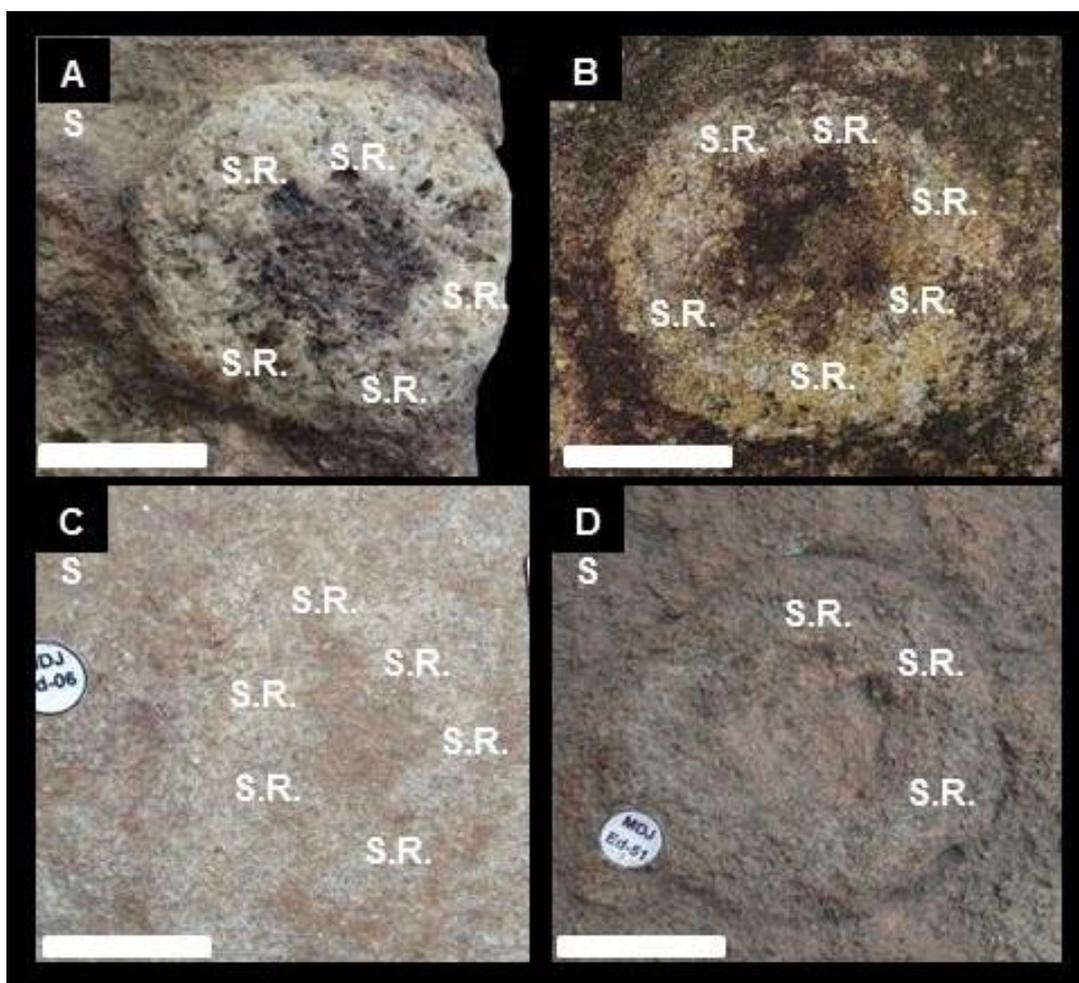


Tabela 3. Tafofácies registradas.

Tipos de fósseis	Classes tafonômicas	Condição ambiental associada	Fácies registradas
Somatofósseis	1. Disco oral aberto com tentáculos.	Soterramento rápido, sem erosão ou necrólise dos tentáculos.	IV
	2. Disco oral aberto e traços de tentáculos.	Soterramento rápido com erosão ou necrólise moderadas dos tentáculos.	IV
	3. Disco oral aberto sem evidências de tentáculos.	Soterramento rápido com necrólise e/ou erosão acentuada.	II, IV
	4. Disco oral fechado sem tentáculos.	Soterramento rápido sem erosão e sem necrólise.	II, III, IV
	5. Disco oral indeterminado/e ou ausente.	Rápida erosão do disco oral e parte da coluna das anêmonas-do-mar.	II, III, IV
	6. Disco oral aberto sem tentáculos, com achatamento da coluna.	Soterramento rápido, pouco fluido na cavidade interna e/ou grãos aderidos ao corpo.	IV
	7. Disco oral aberto sem tentáculos com coluna deformada.	Soterramento rápido, razoável fluido na cavidade interna e/ou grãos.	IV
Molde externo	8. Disco oral aberto sem tentáculos.	Soterramento rápido com necrólise e/ou erosão acentuada.	IV

Outros espécimes ainda não apresentam nítidas estruturas circulares de bases de tentáculos nem abertura bucal ou coluna, tornando difícil a atribuição de alguns fósseis às anêmonas-do-mar. Porém, a disposição organizada de reentrâncias na margem interna do disco, poder ser considerado um indicativo de simetria radial, típica de cnidários (medusas e anêmonas-do-mar). Devido à associação com outros fósseis de anêmonas-do-mar, nesta pesquisa, talvez estes espécimes possam representar a perda de informação biológica dos actiniários por meio dos processos tafonômicos (Figura 26). Essas formas discoides podem representar uma anêmona-do-mar contraída, com pouco fluído na cavidade interna, influenciando também no volume dos tentáculos, que seria reduzido e com poucas chances de serem preservados. Porém, é válido mencionar que formas simples e muito similares com estes discos estudados, já foram descritas como medusas, no Cambriano (Hagadorn et al., 2002; Young & Hagadorn, 2010).

Figura 26. Sugestiva presença de simetria radial comparável a cnidários. A, Ed-137 (escala: 3 cm), de Santana de Acaraú; B, espécime fotografado no campo (escala: 3 cm), de Pacujá; C, Ed-06 (escala: 3 cm), de Reriutaba; D, Ed-51 (escala: 4 cm), de Pacujá. S.R., simetria radial.



CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO

As litofácies observadas em campo diferem das litologias atribuídas como típicas da Formação Pacujá que contém siltito e arenito fino, de coloração avermelhada, cinza ou amarelada (Quadros, 1995; Oliveira, 2001), dificultando a inserção dos fósseis nesta unidade litoestratigráfica.

As localidades fossilíferas deste estudo e o conteúdo icnológico diferem de outras ocorrências na região, descritas para a Bacia do Parnaíba. Sousa (2014) apresentou uma assembleia icnofossilífera nas formações Tianguá e Jaicós, Grupo Serra Grande (Siluriano), identificando as icnofácies Cruziana e Skolithos, respectivamente. Os icnogêneros com formas predominantes de *Arthropycus*, *Cruziana* e *Rusophycos* diferem das formas encontradas nos afloramentos de Pacujá, Reriutaba e Santana do Acaraú. Há também diferenças entre litologias, estruturas e ambiente deposicional (marinho raso), sujeito a ondas de tempestade (Formação Tianguá) e de delta fluvial, com influência de fluxos de maré (Formação Jaicós). Já as rochas observadas em campo, as estruturas sedimentares associadas e o modo de vida das anêmonas-do-mar, sugerem um ambiente raso e de alta energia, interpretado como estuarino por Viana *et al.* (2010), podendo ter influenciado positivamente a preservação, como observado em literatura específica.

Estes fósseis possuem importância estratigráfica regional e cronológica, pois observam-se em 20 afloramentos distribuídos entre os municípios de Ipu, Pacujá, Reriutaba e Santana do Acaraú (Figura 27), em arenito grosso a conglomerático, com morfologias semelhantes em diferentes áreas, abundantes, modo de vida gregário, bem como associações icnofossilíferas.

Esse registro paleontológico representa um marco estratigráfico regional no noroeste do Estado do Ceará, relacionado ao início da influência marinha, sob trato de sistema transgressivo, iniciado no Siluriano inferior. O aumento do nível do mar no Siluriano Inferior é posterior à extensa glaciação no hemisfério Sul, limitada a altas latitudes, principalmente no norte da África, com indícios na América do Sul (Grahn &

Caputo, 1992) (Figura 28), quando esses continentes ainda estavam conectados, compondo o oeste do Gondwana, (Frakes *et al.*, 1992). A movimentação do norte da África e da América do Sul para latitudes mais baixas, no hemisfério Sul, é uma das causas da redução de coberturas glaciais e aumento de inundação que ocorreu entre o Ordoviciano Superior e Devoniano (Torsvik & Cocks, 2013), tendo registro na América do Sul.

É sugerido que os efeitos dessas glaciações trouxeram mudanças ambientais (Sheehan, 1972), afetando as biotas marinhas. Por exemplo, o registro de faunas de braquiópodes no Ordoviciano superior foi um tempo de forte provincialismo, porém, no Llandoveryano, existem distintas faunas cosmopolitas em bacias por todo o planeta, sendo um marco desse intervalo (Boucot *et al.*, 1969).

5.2 RELAÇÕES ENTRE AS ANÁLISES MORFOMÉTRICAS DOS FÓSSEIS E A PLASTICIDADE MORFOLÓGICA DAS ANÊMONAS-DO-MAR ATUAIS

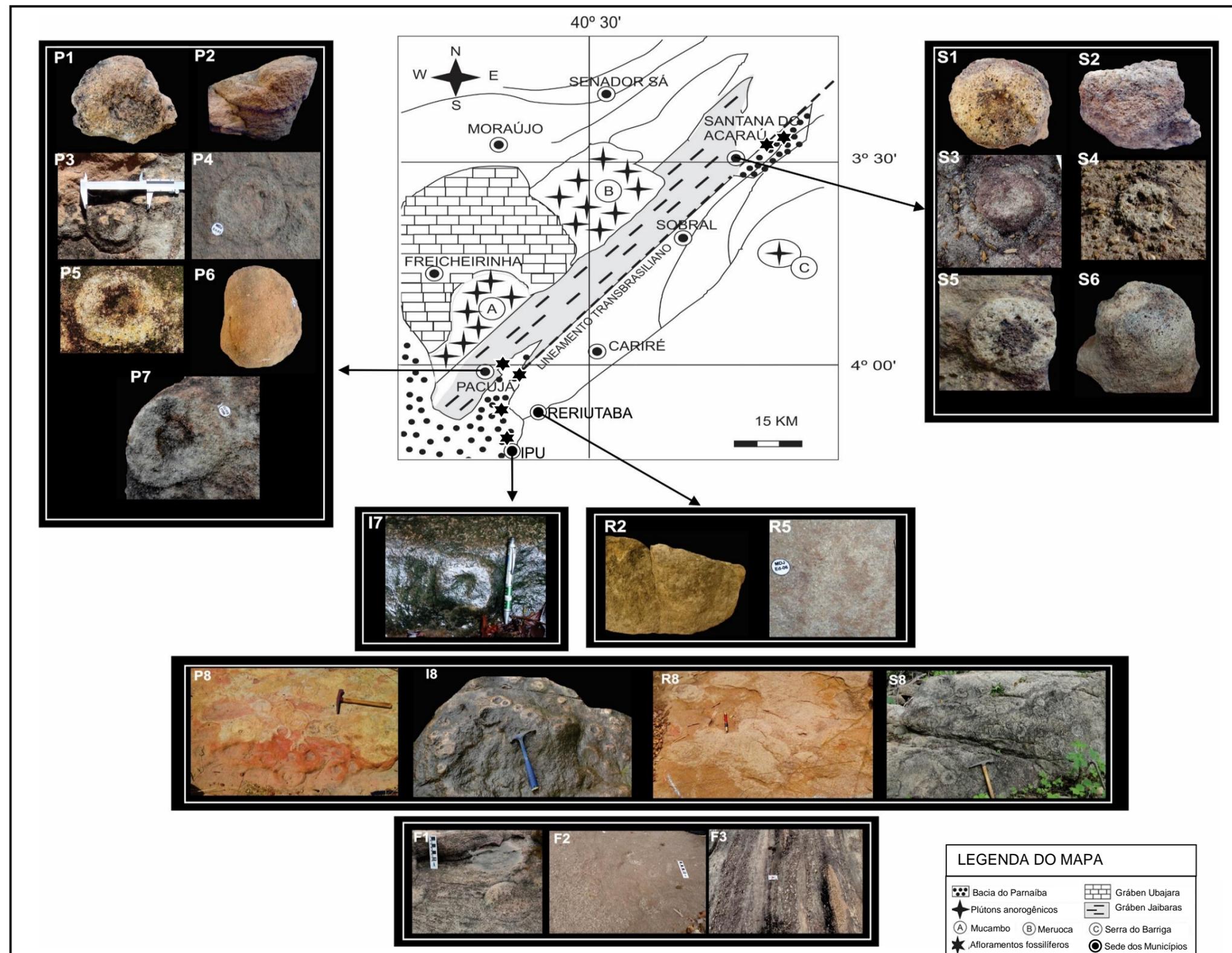
Apresentam-se aspectos biológicos de antozoários relacionados diretamente com a diversidade morfológica e plasticidade desses organismos, a fim de comparar este grupo com os fósseis do Ceará e discutir as informações sobre as análises morfométricas. Dentre estes aspectos, estão atividades importantes associadas ao sistema neuromuscular e esqueleto hidrostático, tais como: movimento de expansão-contracção do disco oral, modificação da coluna e ciclo de eversão-introversão da fisa.

5.2.1 Expansão e contracção do disco oral

O movimento de contracção e expansão do disco oral é comum nos antozoários das ordens Actiniaria (*Anthopleura xanthogrammica*) e Zoanthidea (*Sphenopus marsupialis*), consistindo da abertura ou fechamento do disco com exposição ou retração dos tentáculos (Reimer *et al.*, 2012). Os fatores que ocasionam a expansão ou contracção das anêmonas-do-mar podem ter origens diversas (Figura 29) e são controlados pela rede nervosa juntamente com o sistema muscular (McFarlane e Lawn, 1972).

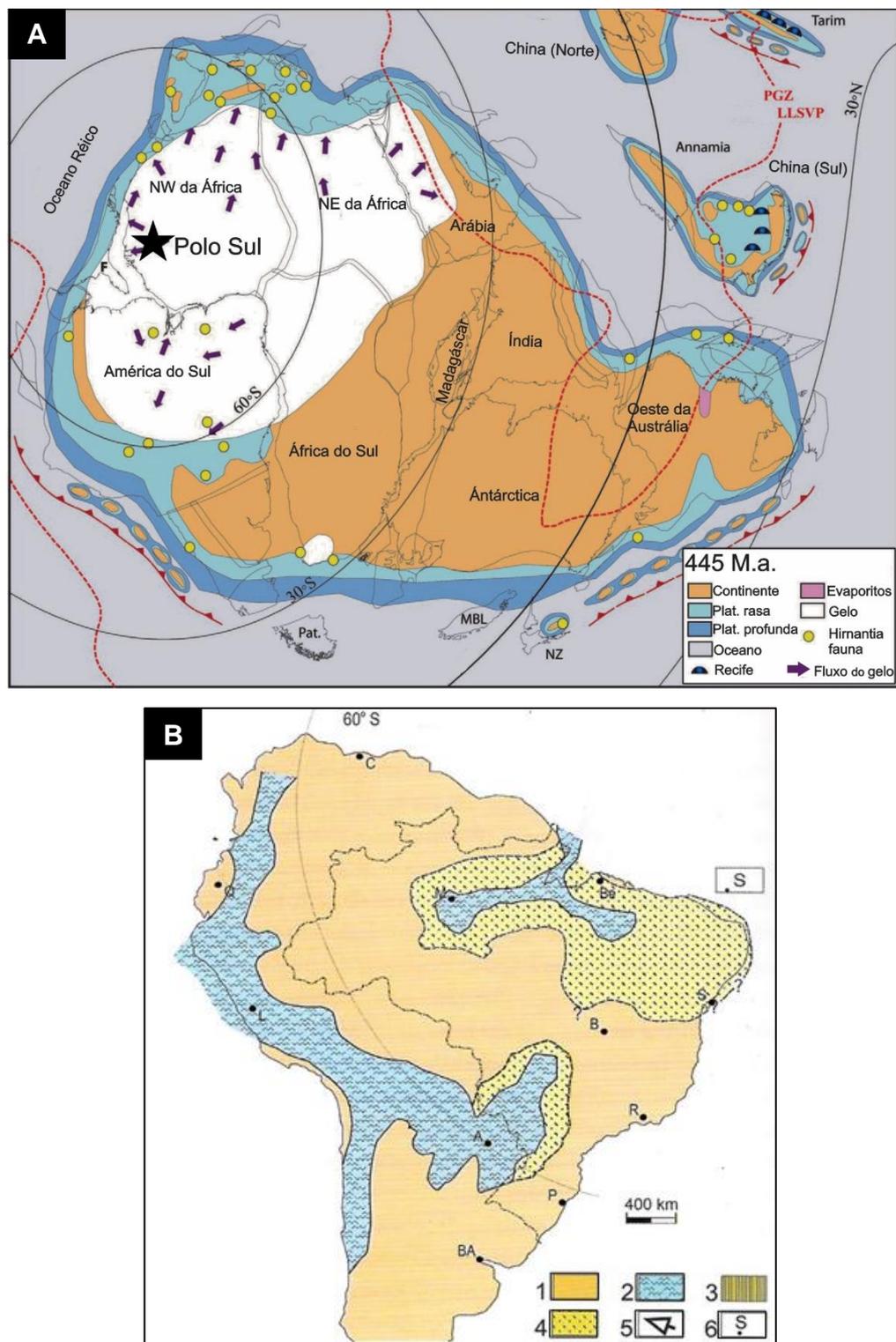
Antes da alimentação, as anêmonas-do-mar deixam os tentáculos livres para agarrarem uma presa e a boca disposta para recebê-la, com o disco oral expandido. Contudo, quando agarram a presa ou quando ameaçada por predadores ou por estresse ambiental, as anêmonas-do-mar se protegem, escondendo os tentáculos no

Figura 27. Importância estratigráfica dos fósseis desta pesquisa, para a Formação Ipu, no noroeste do Ceará. As letras P, I, R, S são as iniciais dos municípios e morfologia similares são representadas por números iguais. F1 a F3, representam as litofácies fossilíferas (arenito médio a grosso, arenito com níveis conglomeráticos, arenito conglomerático).



Fonte: Mapa modificado de Oliveira, 2001.

Figura 28. Mudanças da cobertura glacial entre o Ordoviciano e Siluriano A, mapa paleogeográfico do Gondwana, com extensão da glaciação no Ordoviciano superior; B, mapa paleogeográfico da América do Sul no Eossiluriano. Convenções: 1. área emersa; 2. ambientes sedimentares marinhos; 3. ambientes transitacionais ; 4. ambientes sedimentares não marinhos; 5. setas indicativas das principais direções de suprimento sedimentar; 6. posição do polo Sul. Cidades A, Assunção; B, Brasília; BA, Buenos Aires; Be, Belém; C, Caracas; L, Lima; M, Manaus; P, Porto Alegre; Q, Quito; R, Rio de Janeiro; S, Salvador.



Fontes: A, Torsvik & Cocks (2013); B, Hasui et al. (2012).

interior do seu corpo e contraindo o disco oral. Os estímulos nervosos controlam os músculos radiais e longitudinais, que trabalham antagonicamente (Figura 29), favorecendo a abertura ou fechamento do disco oral (Brusca & Brusca, 2003).

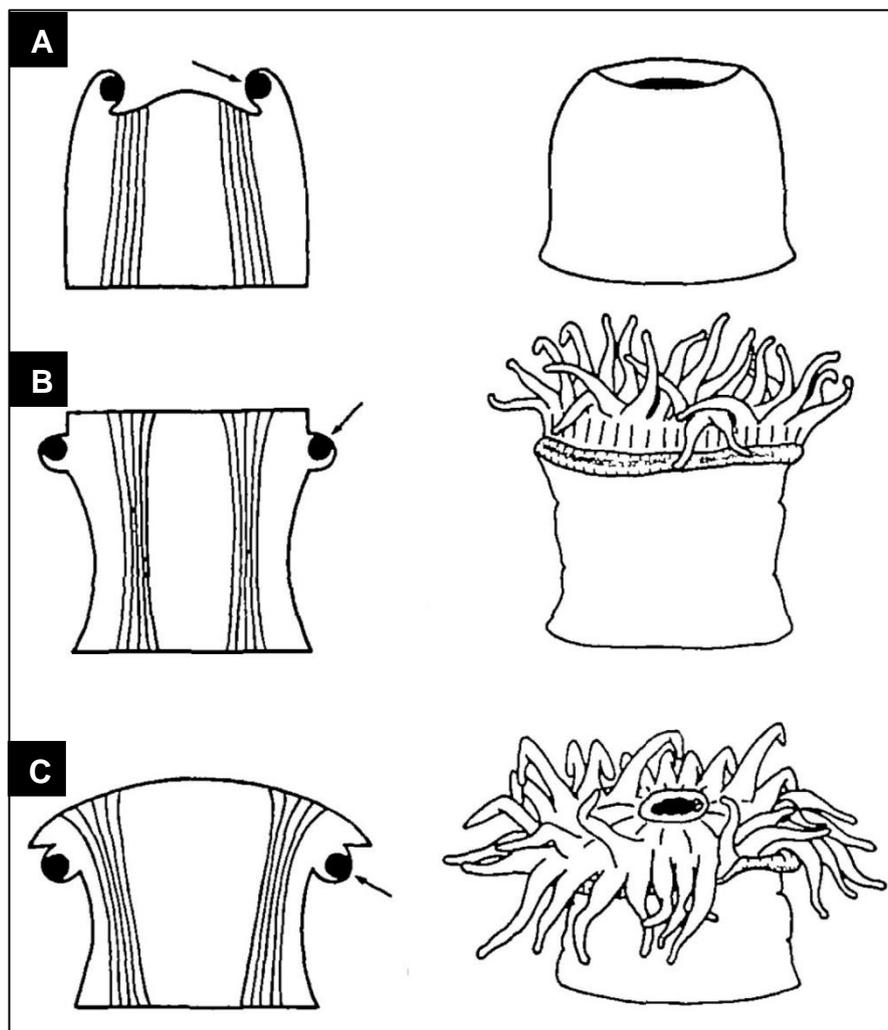
Nas análises da coleção de paleontologia do Museu Dom José (Apêndice 1), constatou-se que as anêmonas-do-mar apresentam disco oral aberto ou fechado, contudo em alguns espécimes não foi possível essa identificação. Este movimento de abertura e fechamento foi verificado em espécimes de formas diferentes ou iguais (Figura 30). Por exemplo, dois espécimes cilindro-cilindro alargado, apresentam diferentes estágios do disco oral, Ed-66 a abertura bucal está aberta com evidências de tentáculos, provavelmente para proteção ou alimentação, já em Ed-93, o disco oral encontra-se fechado (McFarlane & Lawn, 1972).

As evidências de abertura e fechamento do disco oral sugerem existência de um sistema neuromuscular bem desenvolvido e complexo, similares como suas formas afins do tempo presente (McFarlane & Lawn, 1972). O reconhecimento desse sistema sugere a inclusão desses fósseis no bauplan Actiniaria, já que os ceriantários, não apresentam músculos longitudinais eficientes para realizarem as contrações do disco oral, como fazem as verdadeiras anêmonas-do-mar.

5.2.2 Esqueleto hidrostático e modificação da coluna

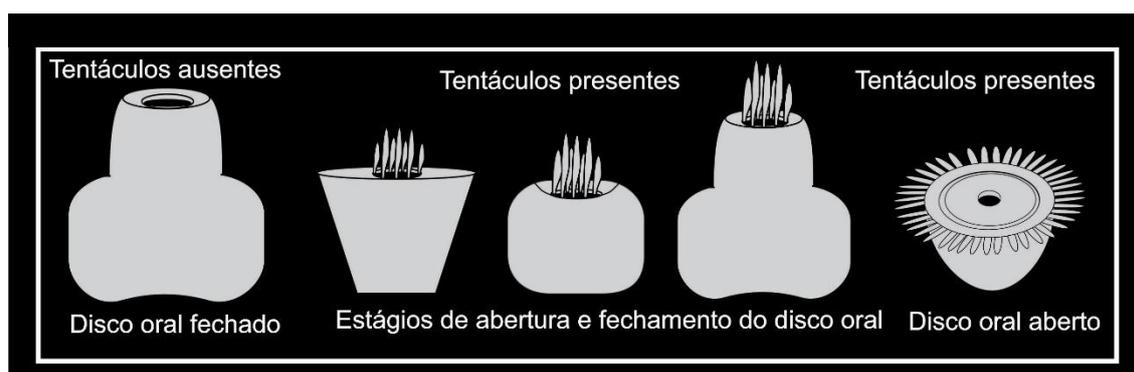
Em pólipos, os esqueletos hidrostáticos são limitados pela parede corporal (endoesqueleto), são constantes em volume e qualquer aumento localizado na pressão, como resultado de uma contração muscular, será igualmente transmitido por todo o esqueleto. Conseqüentemente, a força gerada pelo deslocamento da água em uma região pode ser utilizada para funcionar em outra região (Ruppert & Barnes, 1996). Esses movimentos fluidos são utilizados para inflar e estender partes corporais por meio do inchaço do corpo, como os tentáculos e/ou físis, para ancorar a rachaduras ou sedimento. A contração dos músculos circulares contra a cavidade gastrovascular expelle água pela boca e a anêmona-do-mar assume a forma enrugada. A faringe funciona como um canal de escape de água, enquanto o reabastecimento de água na cavidade gastrovascular é lento e depende de sulcos ciliados, os sifonoglifos, que podem estar presentes em um ou dois pontos na circunferência da faringe (Moore, 2006).

Figura 29. Relação dos músculos na abertura e fechamento do disco oral de *Tealia felina*. À esquerda, modelo das posições dos músculos e, à direita, a aparência externa. A linha no topo apresenta os músculos **radiais**, o círculo escuro é o esfíncter, e as linhas paralelas, os retratores. As setas negras apontam a posição do esfíncter na parede corporal. A, anêmona-do-mar fechada. B, anêmona-do-mar aberta. C, anêmona-do-mar com disco oral aberto.



Fonte: McFarlane e Lawn, 1972.

Figura 30. Desenhos esquemáticos de abertura e fechamento do disco oral nas anêmonas-do-mar, do noroeste do Ceará.

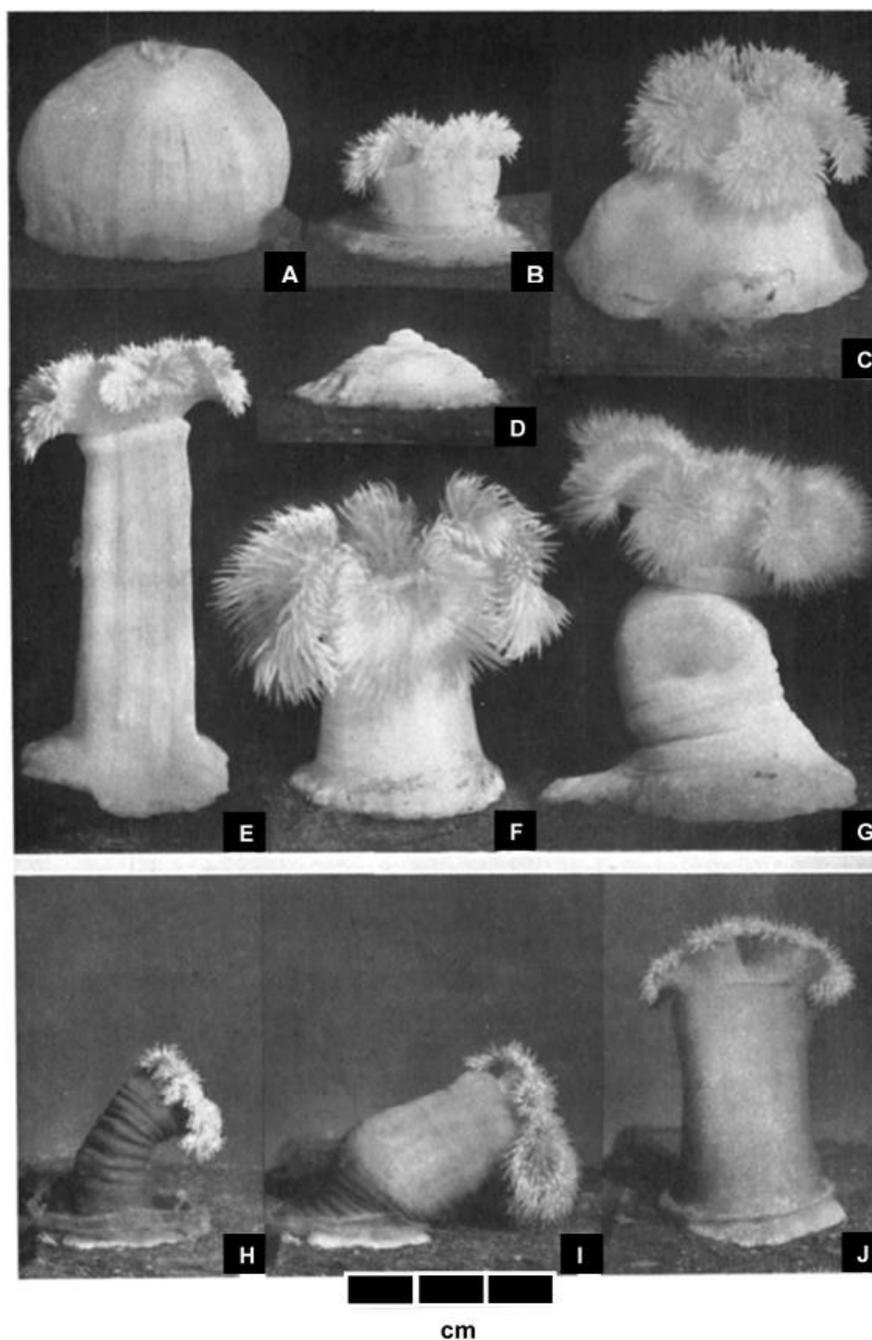


Por meio desse esqueleto hidrostático, alguns cnidários frequentemente alteram a forma do seu corpo até mesmo sem qualquer mudança ambiental significativa (Moore, 2006). A diversidade de formas de uma única anêmona-do-mar foi observada em *Metridium senile* (Batham & Pantin, 1950) que tem a capacidade de alterar o disco oral, coluna e disco aboral de acordo com a sua necessidade fisiológica (Figura 31).

A assembleia de vida preservada é sugerida principalmente pela forma corporal observada e pela posição no substrato (Figura 32). Então é sugerido que a forma discoide (Ed-72), poderia ser uma anêmona-do-mar contraída e Ed-111, um espécime “murcho”, ambos com perda de fluido. A onda peristáltica na coluna é deduzida pela forma cilindro/cone truncado (Ed-10, Ed-92 e Ed-101). O espécime de forma cilindro médio pode representar uma anêmona-do-mar com volume expandido (Ed-18 e Ed-90). Fósseis em forma de cilindro curto, cone e cone truncado pode ter uma relação com estágios de expansão e contração da coluna, estando relacionados às atividades de escavação. O estágio final da escavação da anêmona-do-mar é sugerido pelo espécime Ed-93, em forma de cilindro com cilindro alargado (ou base expandida), apresentando uma fisa visível, estando completo de fluido e interpretado como estágio de âncora. Neste estágio, o disco oral está fechado, com tentáculos e abertura bucal não visíveis.

A presença dos anéis que circundam internamente a coluna, observados em formas cilíndrica e cônica truncada, pode estar relacionada com a diversidade morfológica dos fósseis, uma vez que se tornaria necessária a existência de estruturas elásticas que conferissem uma determinada flexibilidade para a modificação do corpo. Sugere-se que estes anéis podem ser análogos aos músculos transversais das anêmonas-do-mar, contribuindo para o movimento de extensão ou alargamento corporal, principalmente. Embora os anéis sejam evidentes apenas com o uso de tomografia computadorizada, em poucos espécimes analisados é sugestiva a existência destes também nos fósseis com colunas cilíndricas e bases expandidas, visto que a diferença do diâmetro e volume entre estas duas partes, no mesmo corpo, naturalmente exigiria estruturas elásticas.

Figura 31. Diferentes formas de *Metridium senile*: A-F, mesmo indivíduo em diferentes ocasiões. A, volume alargado depois da alimentação. B, contração radial de mesentérios primários. C, anêmona em locomoção para a esquerda. D-F, estágios de contração e expansão. G, onda peristáltica na coluna. H-J, anêmona “murcha”, com estágios seguinte de inflação.



Fonte: Batham & Pantin, 1950.

Figura 32. Relação entre a morfologia das anêmonas-do-mar e atividades vitais.



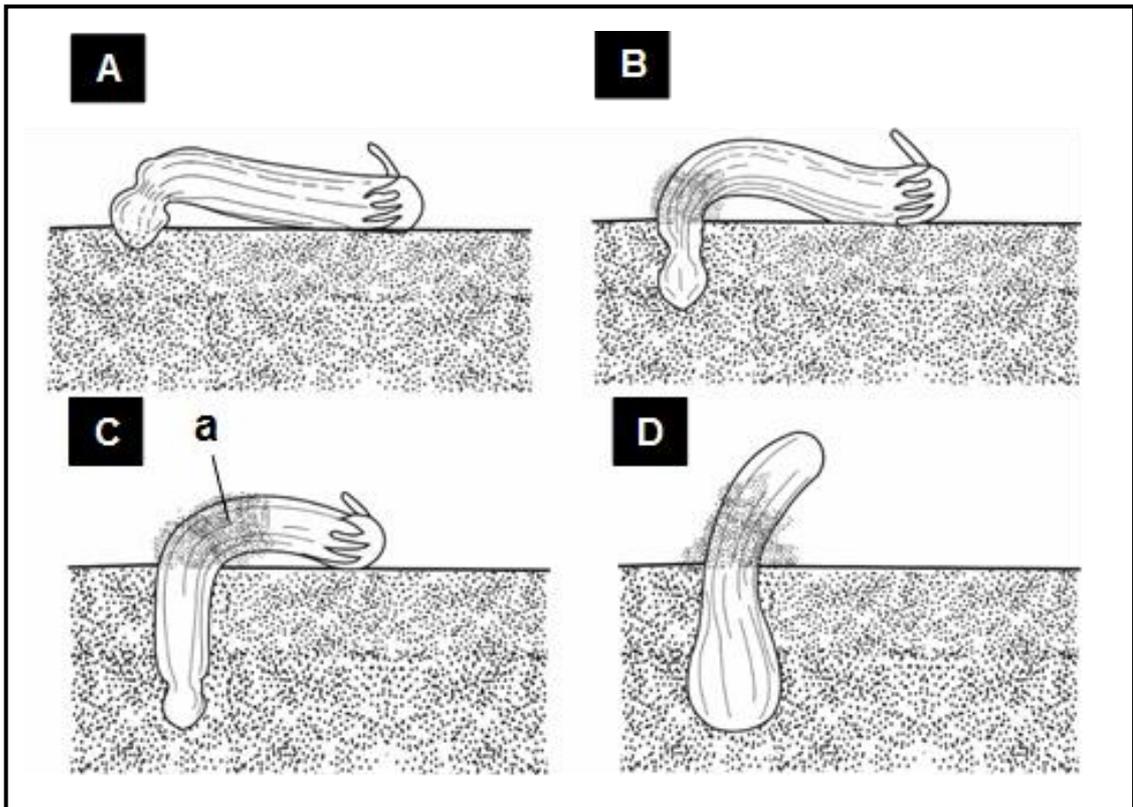
Portanto, a diversidade morfológica destes fósseis não está associada a diferentes espécies, mas a plasticidade de uma única anêmona-do-mar, que foi produzida devido à integração das ações do esqueleto hidrostático e de um desenvolvido sistema neuromuscular.

5.2.3. Ciclo de eversão-introversão da fisa

A fisa é uma adaptação da base da coluna para habitar substratos inconsolidados (Brusca & Brusca, 2003). *Peachia hastata* é uma anêmona-do-mar que utiliza a fisa para escavação no substrato inconsolidado e possui músculos retratores e circulares. O processo de escavação (Figuras 33 e 34) dessa anêmona-do-mar é bem conhecido (Ansell & Trueman, 1968) e pode ser utilizado como um modelo análogo no processo de escavação das anêmonas-do-mar fósseis do noroeste do Ceará.

Sobre a superfície arenosa, a coluna de *Peachia* se curva na forma de um arco, a base é apoiada verticalmente no substrato e constrições ocorrem na coluna em direção a sua base, que é rapidamente evertida, movendo os grãos de areia, centrifugamente (Figura 33A).

Figura 33. Processo de escavação de *Peachia hastata* na areia. A-C, eversão da *fisa* com os tentáculos estendidos. A, começo da escavação com a coluna curvada e base pressionando areia; B-C, coluna penetra o substrato e um colar de areia (a) é carregado por cima da anêmona-do-mar. D, inchamento da base, retenção dos tentáculos e encaixe da anêmona-do-mar na areia.



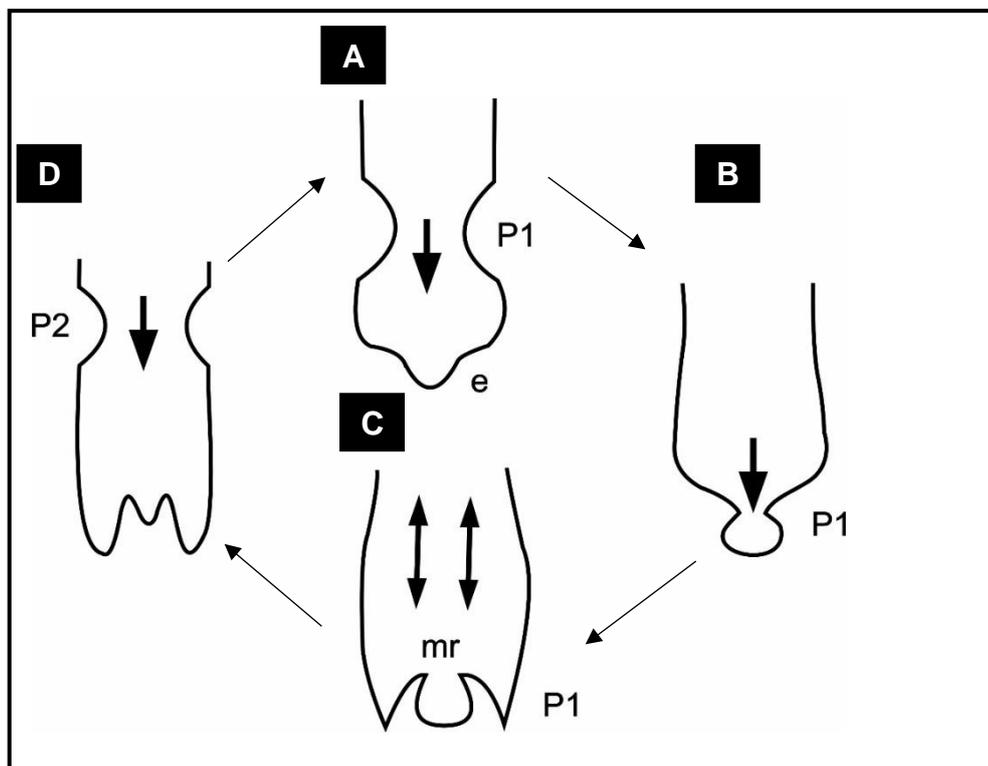
Fonte: Ansell & Trueman (1968).

Este processo ocorre repetidamente até que um curto tubo de diâmetro uniforme seja construído, quando então o movimento de areia se torna mais rápido. No estágio inicial, a pressão é fraca, pois apenas uma pequena parte do peso do animal participa da escavação. Em seguida, uma série de contrações peristálticas inicia no escapo e passa pela coluna em direção à fisa (Figura 34), contudo uma nova onda peristáltica só é liberada quando a onda anterior tem alcançado a fisa (Ansell & Trueman, 1968).

Este ciclo é completado em cerca de 10 segundos. Ocorre durante todo o período de escavação e representa uma adaptação da base da anêmona-do-mar para o movimento dentro do substrato (Ansell & Trueman 1968). O termo “período de escavação” é usado para descrever a atividade total do início da escavação até o alcance da posição final. Os movimentos peristálticos são resultados da contração dos músculos circulares que forçam a movimentação dos líquidos da cavidade gastrovascular para baixo (Ansell & Trueman, 1968). Como efeito desses movimentos,

a base da coluna (fisa) torna-se evertida. Antes do movimento peristáltico alcançar a base da coluna, os músculos retratores contraem e trazem de volta a introversão.

Figura 34. Diagrama do ciclo de eversão-introversão de *Peachia hastata*. A, onda peristáltica (P1) passando pela coluna e causando eversão da fisa (e) e deslocando a areia; B, posterior movimento das ondas peristálticas para a base; C, introversão da fisa com a contração dos músculos retratores (mr); D, fisa dobrada antes da eversão pela onda peristáltica seguinte (P2).



Fonte: Ansel & Trueman (1968).

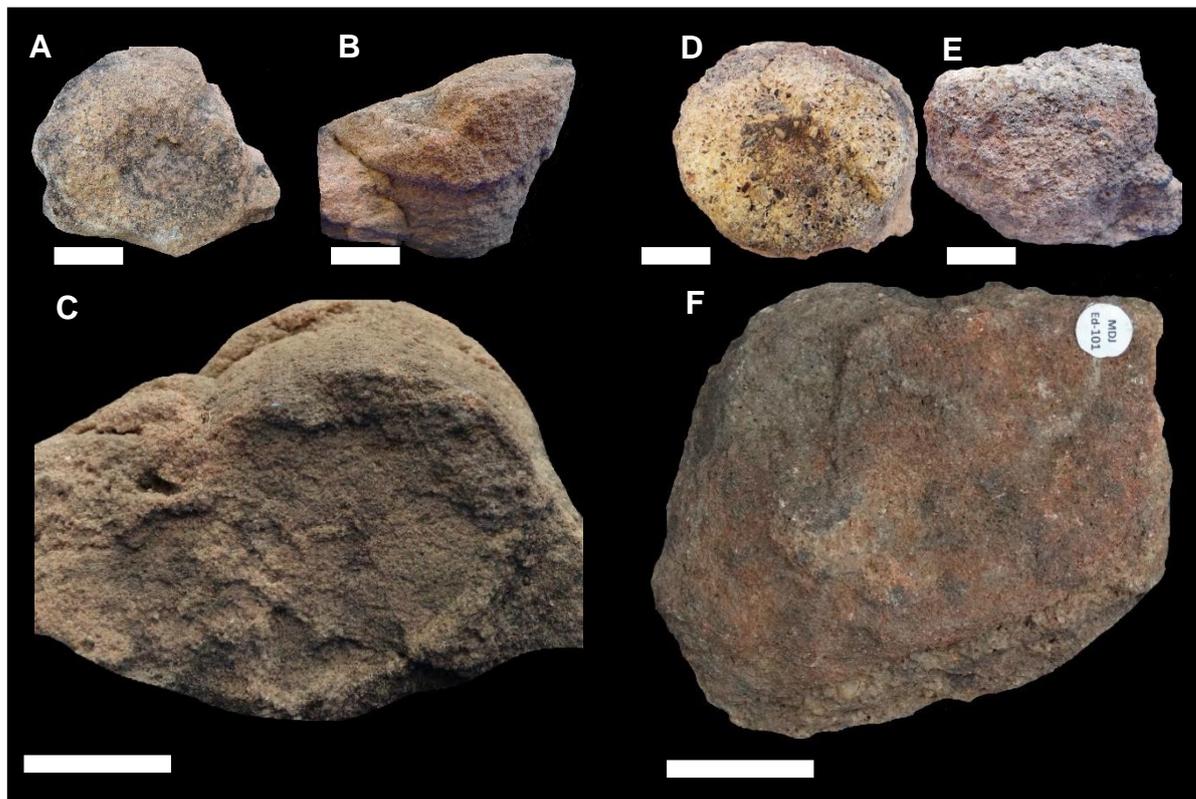
Portanto, os músculos longitudinais e circulares operam antagonicamente para controlar o fluido na cavidade gastrovascular ocasionando o ciclo de eversão-introversão da fisa.

Na coleção estudada, quatorze espécimes fósseis de anêmonas-do-mar apresentam estruturas na base da coluna que podem estar relacionadas à modificação da fisa (Apêndice 1), utilizada no ciclo de eversão-introversão no processo de escavação.

Os espécimes MDJ Ed-10 e MDJ Ed-101, embora apresentem basicamente as mesmas características morfológicas, com uma coluna e região aboral (cone truncado) e uma porção oral mais larga, diferem com relação ao relevo de uma estrutura no centro da fisa. Em MDJ Ed-10 (Figura 35), a porção central da fisa encontra-se preservada em relevo negativo ou para dentro da coluna, porém em MDJ

Ed-101 é observada em relevo positivo ou para fora da coluna. Se esta diferença entre os dois espécimes não for resultado de feições tafonômicas, é possível inferir que há o registro da modificação da fisa no ciclo de eversão-introversão.

Figura 35. Diversidade morfológica da fisa na região aboral em espécimes com morfologias similares. A, B e C, Ed-10, mostrando respectivamente disco oral, coluna e região aboral; D, E e F, Ed-101, exibindo respectivamente disco oral, coluna e região aboral (escala: 3 cm).



5.3 AFINIDADES DOS INVERTEBRADOS DO CEARÁ COM FÓSSEIS DE ANÊMONAS-DO-MAR

Na China, fósseis da anêmona-do-mar *Archisaccophyllia kunmingensis*, encontrados no *lagerstätten*, Biota de Chengjiang, Cambriano Inferior, registram disco oral aberto ou fechado, presença de tentáculos (Hou *et al.*, 2005) e são bem menores do que as estudadas nessa pesquisa. Além disso, na biota de Chengjiang (Lei *et al.*, 2014), *A. kunmingensis* não está associada com icnofósseis e provavelmente viveu em substratos ainda tipicamente neoproterozoicos. Porém, não são preservadas em posição de vida, como os espécimes fósseis do Ceará, nem apresentam coluna com variação morfológica.

Raios longitudinais partindo do eixo central do corpo até a margem externa foram observados em *Eolympia pediculata* (Han *et al.*, 2010), uma anêmona-do-mar microscópica da Formação Kuanchuanpu, do Cambriano Inferior na China. Estes raios

foram interpretados como mesentérios, raramente preservados (Tabela 4), e são correspondentes aos números de tentáculos (18 tentáculos e 18 mesentérios), como ocorre nas anêmonas-do-mar atuais. A preservação de mesentérios é extremamente rara. Lech (2009) inferiu a existência de mesentérios nos fósseis de *P. marcusii*, a partir de estruturas salientes da coluna, que se estendiam da base para o topo do corpo do fóssil.

Estruturas na base da coluna podem indicar a presença de fisos, para penetrar o sedimento, ou apenas para se fixar nele (Lech, 2009). Fósseis de *Xianguangia sinica* do Cambriano inferior da China são comparáveis às anêmonas-do-mar (Biota de Chengjiang) e possuem sulcos preservados na base (Lei *et al.*, 2014) (Tabela 4).

Dentre as espécies de anêmonas-do-mar descritas, *Mackenzia costalis* do Cambriano Médio do folhelho de Burgess, no Canadá, caracteriza-se por corpo alongado terminado em uma estrutura discoide (Conway Morris, 1993), cuja ausência de tentáculos (Tabela 4) resulta em dúvidas na sua identificação (Hou *et al.*, 2005). Porém, *M. costalis* exibe morfologia indicativa de flexibilidade, com cavidade interna e até mesmo estruturas anelares dentro da cavidade, concentradas na terminação basal (Conway Morris, 1993).

A presença de depressões circulares que circundam a margem do disco externo e/ou na base dos tentáculos podem ser comparadas àquelas encontradas em uma anêmona-do-mar fóssil, na Argentina, *Palaeoanemone marcusii* Lech, 1986, do Carbonífero. Em *P. marcusii*, não foram preservados tentáculos (Tabela 4), contudo suas estruturas circulares marginais externas são atribuídas à presença desses. A disposição dos vestígios de tentáculos pode influenciar nas interpretações de abertura e fechamento do disco oral e na determinação da quantidade de anéis de tentáculos presentes, necessária para a classificação específica.

As anêmonas-do-mar fósseis do noroeste do Ceará possuem indícios da presença de músculos circulares, com preservação do disco oral, disco aboral, coluna e tentáculos, diferindo de *Protolilyella* (Seilacher, 1992; Savazzi, 2007), um representante da biota de Ediacara, vagamente comparável aos cnidários, que apresentam um esqueleto arenoso na base e se instalavam passivamente no substrato.

Portanto, verifica-se que os poucos espécimes registrados e atribuídos às anêmonas-do-mar não apresentam anatomia completa preservada, como esperado em actiniários, com corpos moles.

Por fim, os tipos de fósseis desta pesquisa diferem dos icnogêneros *Bergaueria* (Seilacher, 2007) e *Alpertia* (Orlowski & Radwanski, 1986), uma vez que não são encontrados na base da camada (hiporrelevo). Além disso, há detalhes morfológicos exclusivos de moldes de anêmonas-do-mar, tais como: tentáculos, mesentérios, disco oral com boca e disco aboral com fisa. Portanto, o material aqui preservado em forma tridimensional representa um somatofóssil de uma anêmona-do-mar e não pode ser considerado um vestígio de sua atividade.

No Brasil, não havia registro de cnidários fósseis atribuídos às anêmonas-do-mar, mas somente icnofósseis. A única ocorrência de anêmona-do-mar fóssil na América do Sul (Tabela 4) é restrita à Argentina (Lech, 2009). Na América do Norte, a possível espécie de anêmona-do-mar está no folhelho de Burgess, Canadá, mas ainda sem estruturas conclusivas para seu reconhecimento como anêmona-do-mar.

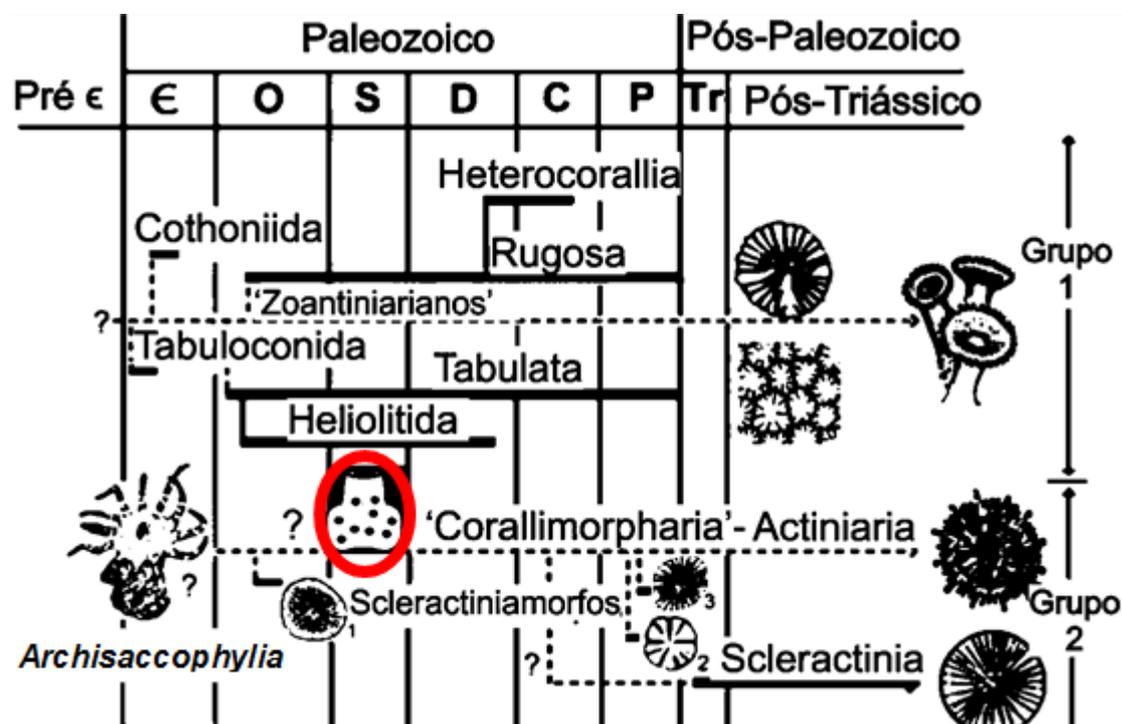
As características dos fósseis da Formação Ipu podem ser de grande importância para o entendimento de aspectos evolutivos do grupo Hexacorallia, incluindo organismos de corpos moles (Actiniaria e Corallimorpharia) e mineralizados (Scleractinia), uma vez que essa ordem se desenvolveu de uma linhagem comum de ancestrais não mineralizados (Oliver, 1996) (Grupo 2 – Figura 36). Todavia, é sugerido que os ancestrais de outros grupos (Grupo 1) de cnidários (Heterocorallia, Rugosa e Tabulata), não teria relação evolutiva com o grupo das anêmonas-do-mar da ordem Actiniaria (Scrutton, 1997) (Grupo 1 – Figura 36).

Dentro do contexto de relações evolutivas, *Archisaccophyllia kunmingensis*, uma espécie com evidências de abertura e fechamento do disco oral e sem modificações da coluna, é colocada no eixo basal dos antozoários, conforme esquema abaixo (Hou *et al.*, 2005) (Figura 36). Já a plasticidade corporal dos antozoários, especialmente da modificação da coluna e região aboral, está evidenciado nos icnogêneros *Bergaueria*, *Conichnus* e *Dolopichnus*, com as primeiras ocorrências no Cambriano, na Formação Wood Canyon. Todavia, é discutível quais foram os organismos geradores desses vestígios, se actiniários ou ceriantários (Mata *et al.*, 2012). Os fósseis do Ceará, além de apresentarem modificação do disco oral e da coluna, apontam uma inovação evolutiva dos cnidários, o comportamento de cobertura, pois os dados de campo e tomografia computadorizada indicaram que a biota utilizava material alóctone (grãos ou cascalhos) do meio circundante para apresentar maior rigidez. Mesmo não sendo possível determinar se esse comportamento inicia no Siluriano, mas, pelo menos, já ocorria nesse período.

Tabela 4. Comparação entre anêmonas-do-mar e similares no registro fóssil.

PERÍODO	ESPÉCIES/LUGARES	CARACTERÍSTICAS						
		Região Aboral	Região Oral	Coluna	Tentáculos	Mesentérios	Altura	Diâmetro
Eo-Cambriano	<i>Archisaccophyllia kunmingensis</i> , China (Hou et al., 2005)	Disco pedal largo e flexível	Boca circundada por tentáculos	Reta	Não-ramificados e retráteis	Longitudinal	1,0 a 2,8 cm.	0,3 a 1,3 cm
Eo-Cambriano	<i>Eolympia pediculata</i> , China (Han et al., 2010).	Pedúnculo	Boca circundada por mesentérios	Dois cilindros	Curta	Radial	625 µm.	500 a 700 µm.
Eo-Cambriano	<i>Xianguangia sinica</i> , China (Chen and Erdtmann, 1991).	Fisa sulcada	Disco oral	Cilíndrica	Ramificados	Longitudinal	7 cm	2,5 cm
Cambriano Médio	<i>Mackenzia costalis</i> , Canadá (Conway Morris, 1993)	Disco pedal	Disco oral	Alongada	Ausentes	Longitudinal	2,5 a 15,8 cm.	2,0 cm
Eo-Siluriano	Anêmonas-do-mar, desse estudo	Fisa flexível	Boca circundada por tentáculos	Cone, disco, cone truncado, cilindro curto, cilindro médio, cilindro/cone truncado, cilindro/cilindro alargado, disco/disco alargado.	Não-ramificados e retráteis	Não evidente	1 a 14,0 cm.	1,3 a 20,5 cm
Carbonífero	<i>Palaeoanemone marcusii</i> , Argentina (Lech, 2009)	Arredondada	Boca circundada por cavidades	Longo cilindro	Vestígios	Longitudinal	21 cm	4 cm

Figura 36. Principais grupos de Hexacorallia plotados contra o tempo, apresentando relacionamento entre eles. Linhas contínuas = grupos calcificados; linhas descontínuas grupos de corpos moles e a extensão inferida. Os grupos que são ramos hipotéticos, grupos de corpos moles são colocados entre aspas. Escleractiniamorfos incluem: (1) *Kilbuchophyllia* Ordoviciano, (2) *Numidiaphyllum* Permiano, e (3) *Houchangocyathus* Permiano.



Fonte: Hou *et al.* (2005).

5.4 ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA

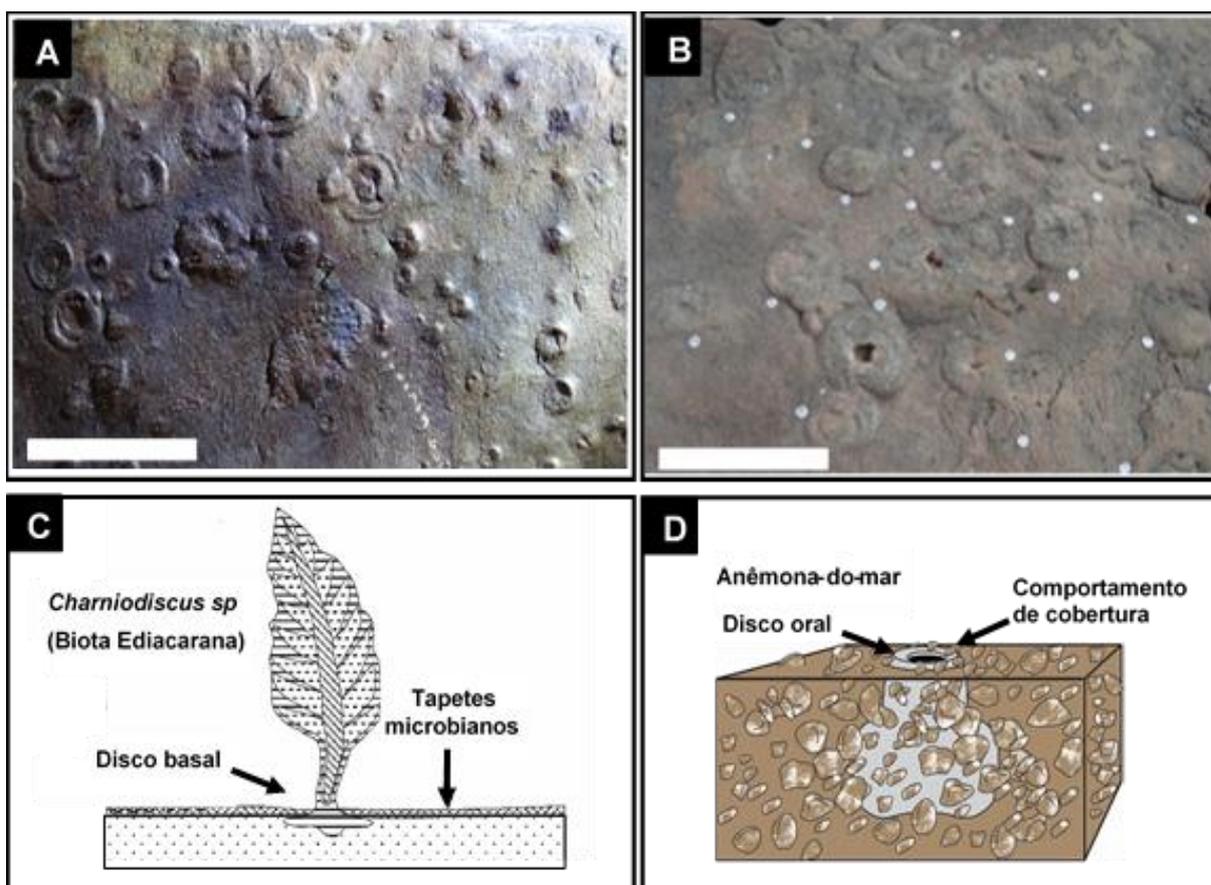
O comportamento de cobertura, estratégia adotada para enrijecer os corpos moles de anêmona-do-mar, e a atividade de escavação no ambiente de alta energia, podem ter facilitado a preservação em substratos inconsolidados. Por outro lado, o modo de vida endobentônico ou atividades vitais relacionadas a perda de fluido na cavidade gastrovascular, com abertura ou fechamento do disco oral, podem gerar estruturas discoides que são visualizadas apenas no topo das camadas, dificultando a correta identificação morfológica.

Essas formas discoides já foram identificadas como espécimes da típica biota de Ediacara (Barroso *et al.* 2014). O espécime MDJ Ed-07 foi interpretado como uma estrutura basal de *?Charniodiscus concentricus* Ford, 1958 (Barroso *et al.*, 2014), em comparação a fósseis de *C. concentricus* descritos na Floresta de Charnwood, Inglaterra. Contudo, somente agora são descritas as estruturas raiadas na margem

do fóssil, eventual equivalente de tentáculos de cnidários, além da coluna com região aboral modificada, auxiliando no reconhecimento e identificação de anêmonas-do-mar. Devido ao estado de preservação dos fósseis do Ceará, não se sabe exatamente a quantidade de tentáculos.

Embora alguns fósseis sugestivos da presença de anêmonas-do-mar na Biota de Ediacara tenham sido previamente descritos, inclusive com tentáculos circundando formas discoides, estudos tafonômicos sugeriram que os discos eram porções corporais preservadas de alguns organismos epibentônicos (Figura 37), e que as estruturas raiadas serviam de sustentação e fixação ao substrato (Serezhnikova, 2007). Essa hipótese foi corroborada com a descoberta de fósseis epibentônicos completos (Gehling, 1999; Hoffman *et al.*, 2008).

Figura 37. Aglomerações de formas discoides semelhantes, mas geradas por diferentes grupos e processos tafonômicos. A, Biota Ediacarana (Acervo University of Bristol) (escala: 2 cm); B, Biota de Pacujá (Acervo do Museu Dom José) (escala; 10 cm); C, disco basal de um organismo epibentônico (Fonte: Gehling, 1999); D, disco oral de um organismo endobentônico.



Fonte: C, Gehling (1999).

Portanto, as únicas semelhanças entre os fósseis do noroeste do Ceará e a Biota de Ediacara é a preservação típica em ambientes siliciclásticos de granulometria grossa e o modo de agregação comum das biotas de corpo mole, porém, as formas discoides preservadas correspondem a grupos de organismos diferentes (Figura 37). Além disso, a associação com icnofósseis caracteristicamente pós-ediacaranos, na mesma camada, como *Arenicolites* e *Skolithos* (Viana *et al.*, 2010), associados a *Paleophycus* densamente agrupados (Barroso, 2012) assemelham-se a modelos de ocupação do substrato pós Revolução Agronômica (Seilacher, 1998).

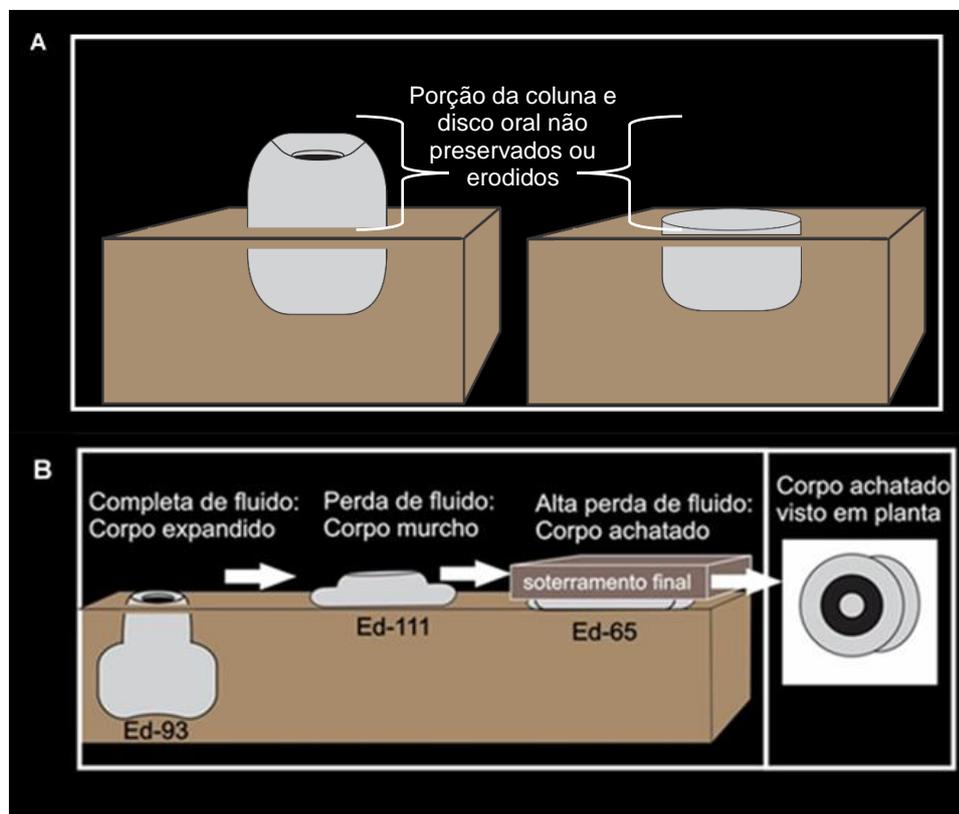
Desse modo, as análises evidenciam novas estruturas anatômicas, que parcialmente corroboram o trabalho de Viana *et al.* (2010), sobre novos elementos bióticos para a Bacia do Parnaíba. Porém, esse trabalho não relacionou os fósseis a nenhum grupo conhecido, sendo aqui caracterizados como somatofósseis dos cnidários, possivelmente antozoários (anêmonas-do-mar).

Essas características anatômicas observadas estão relacionadas ao modo de vida desses organismos e às condições ambientais. Diante disso, é discutido o modo de preservação destes somatofósseis, com base nas análises das classes tafonômicas.

Sabendo que algumas anêmonas-do-mar da Formação Ipu viviam no ambiente de alta energia com uma porção da coluna acima do substrato com a base completamente enterrada, é possível que a erosão (Savazzi, 2007) tenha destruído a porção da coluna acima do substrato, favorecendo apenas a visualização da coluna e região aboral (classe tafonômica 5) (Figura 38A). Já as deformações (classe 7) e achatamento (classe 6) podem ser ocasionados pela influência da sobrecarga (fatores externos) no esqueleto hidrostático, resultando na morte dos organismos (Figura 38B). Por exemplo, as observações morfológicas indicam a presença de organismos com pouco fluido na cavidade interna, acima do substrato, interpretadas como anêmonas-do-mar murchas (Ed-111). O achatamento dessas formas pode ter acontecido nos espécimes Ed-65 e Ed-47 (Figura 23), uma vez que há uma margem, ou duas, circundando externamente um evidente disco oral, que é atribuída à região aboral (Figura 38B).

Com relação aos elementos observados no disco oral aberto (classes 1, 2 e 3), o soterramento rápido pode ter contribuído para que os tentáculos permanecessem

Figura 38. Perda de estruturas morfológicas e condições ambientais associadas. A, modelo proposto para ausência do disco oral e parte da coluna, com base no espécime Ed-90 (classe 5); B, esquema representativo da relação do fluido na cavidade interna das anêmonas-dormar e do soterramento para o achatamento corporal (classe 6).

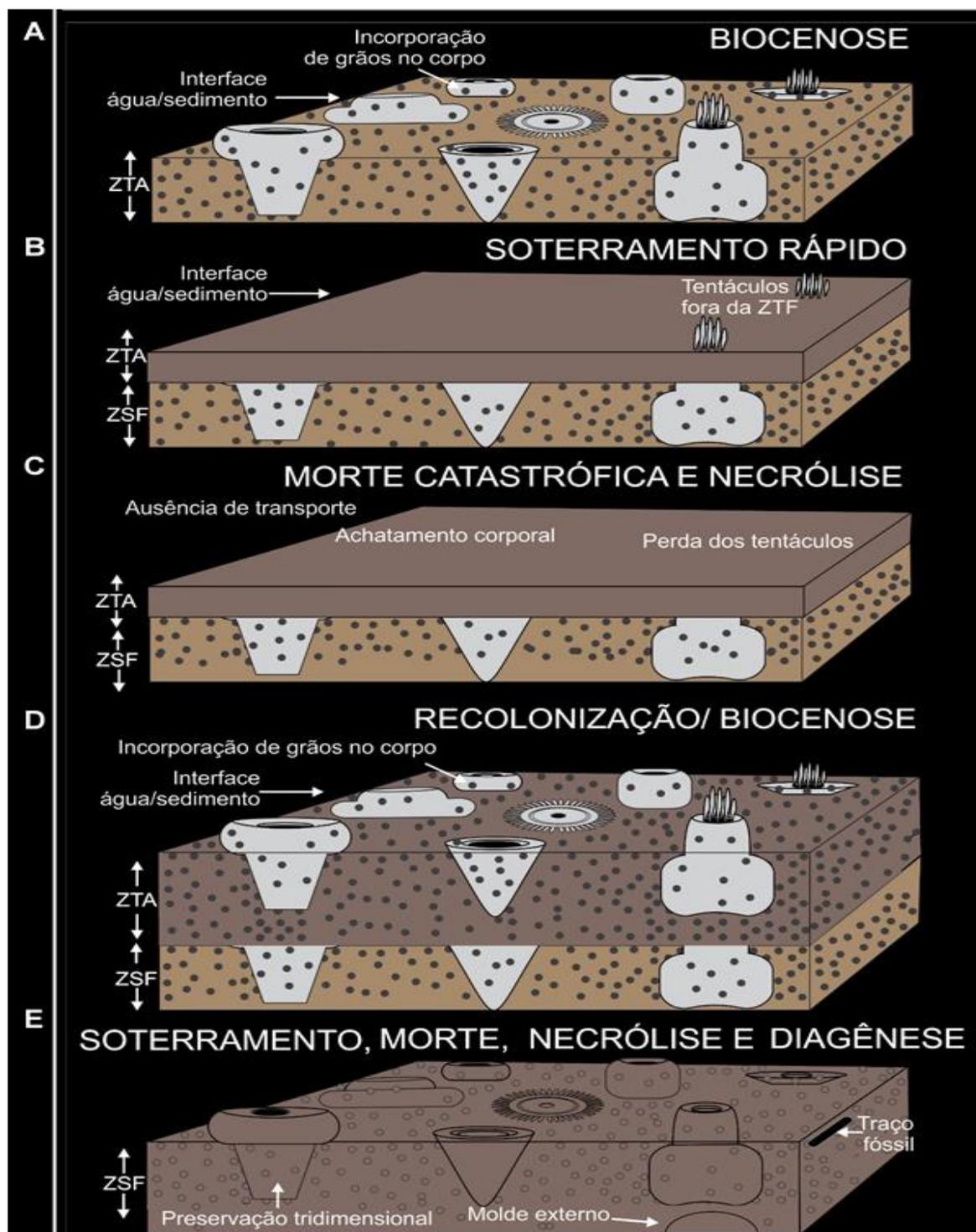


ou não na Zona de Soterramento Final, ficando livres ou retidos na Zona Tafonomicamente Ativa, deixando seus moldes ou apenas os seus vestígios por meio de estruturas circulares (Figura 39). Essa hipótese é baseada no modelo tafonômico de Gehling (1999), que menciona a perda de informação biológica de organismos bentônicos com partes corporais ocupando diferentes camadas, e nas observações paleoecológicas deste trabalho, uma vez que as estruturas circulares de base de tentáculos estão presentes em espécimes com disco oral semiaberto, principalmente, e coluna completamente enterrada. Portanto, é sugerido que a perda de tentáculos tenha ocorrido após o soterramento rápido ou simplesmente não preservaram devido ao sedimento grosso.

Por fim, a classe tafonômica 8 (molde externo), com espécime preservado na base da camada, sugere recolonização por novos indivíduos, após a nova deposição (Figura 39).

Um modelo tafonômico é apresentado (Figura 39), considerando as características anatômicas e/ou biológicas dos organismos, relacionando-as com a condição ambiental que causou a perda ou preservação no fóssil.

Figura 39. Desenho esquemático sobre o modo de preservação dos fósseis. A, biocenose incorpora sedimento na ZTA; B, soterramento rápido separa os tentáculos da ZTA e ZSF; C, após soterramento final, há morte e necrólise, com perda dos tentáculos, achatamento corporal e ausência de transporte; D, substrato recolonizado; E, soterramento, morte e necrólise, início do processo de diagênese. ZTA, zona tafonômica ativa; ZSF, zona de soterramento final.



Sobre a classificação genética dessa concentração fossilífera no noroeste do Estado do Ceará é discutível o uso do termo “*fossil lagerstätten*” (Seilacher et al., 1985), uma vez que essa definição refere-se a corpos rochosos notavelmente ricos em informações paleontológicas, em termos quantitativos ou qualitativos, que permitem uma melhor identificação de diversos fatores envolvidos para o registro dos fósseis, tais como: as condições biotípicas (paleobiologia), decomposição de partes moles e material orgânico esquelético (necrólise), transporte sedimentar e enterramento (bioestratinomia) e destino final dos organismos de corpos moles (fossildiagênese). Os diferentes tipos de comportamentos evidenciados (abertura e fechamento do disco oral, modificação da coluna e fisa) podem ser considerados um tipo de registro especial, comportamento fossilizado, que ocorre tipicamente em “*fossil lagerstätten*”.

Informações obtidas do grupo dos antozoários em um pequeno espaço geográfico (bloco de 1m²), revelam a riqueza desse registro para o entendimento do grupo dos cnidários, especialmente das anêmonas-do-mar. Nesse sentido, propõe-se o termo Biota de Pacujá para a associação fossilífera até então com predominância de antozoários, possivelmente actiniários (anêmonas-do-mar), encontrados inicialmente em abundância no Município de Pacujá.

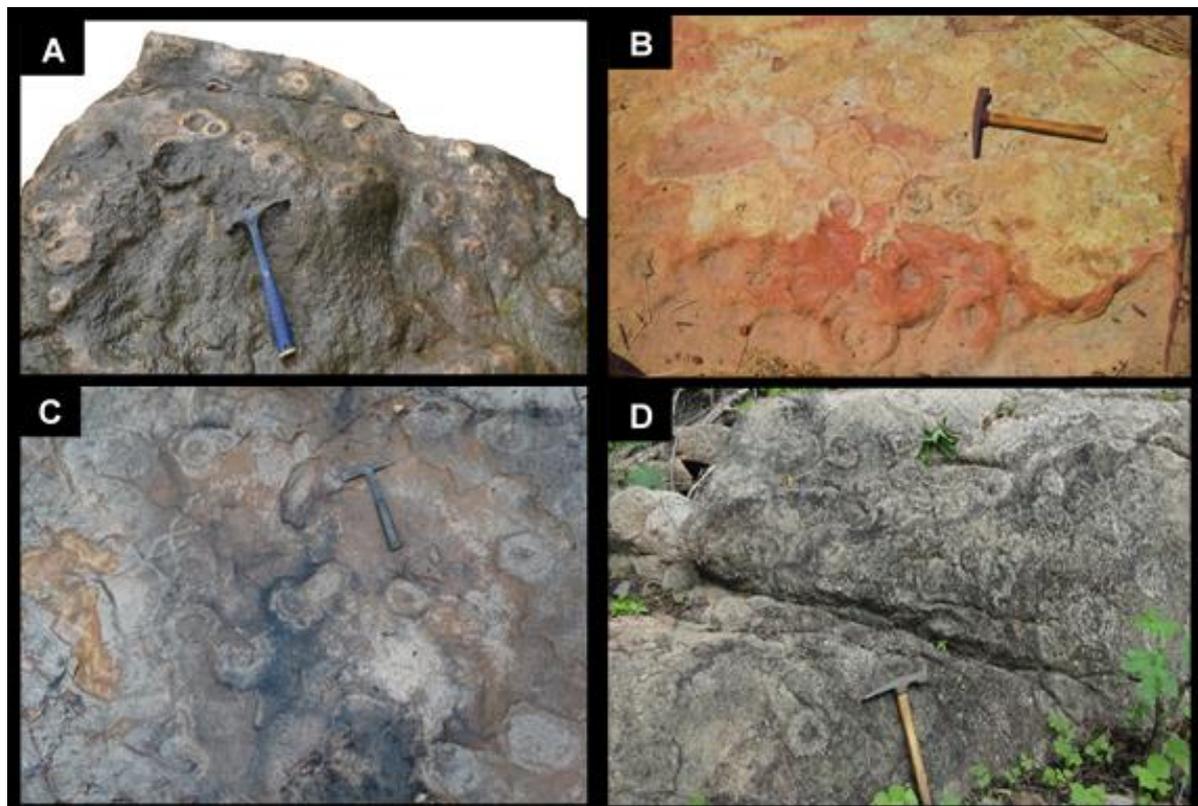
5.5 PALEOECOLOGIA

5.5.1 Interações ecológicas

Foi observado que as anêmonas-do-mar do noroeste do Ceará viviam próximas entre si, mas sem uma conexão física (Figura 40). De acordo com Ruppert & Barnes (1996), pode-se dizer que a maioria da biota é uma agregação desses invertebrados.

Nas anêmonas-do-mar atuais, a agregação protege os indivíduos dos eventos de alta-energia, supercrescimento dos competidores, invasão larval e ataques por predadores (Wood, 1999). O hábito de agregação pode ser visto como uma das adaptações dos metazoários solitários a fim de garantir o substrato para colonização, pois este é um fator limitante. Além disso, os metazoários solitários também podem apresentar uma rápida colonização, altas taxas de crescimento e curtos ciclos de vida (Jackson, 1983).

Figura 40. Modo de agregação da fauna de invertebrados bentônicos. A, Ipu (Balneário Bica do Ipu) – escala 30 cm; B, em Pacujá (Fazenda Contra Fogo) – escala: 30 cm; C, em Reriutaba (Zipu) – escala: 15 cm; D, em Santana do Acaraú (Baixa Fria dos Santos) – escala: 30 cm.



As anêmonas-do-mar são extremamente competitivas com outras espécies de antozoários e possuem tentáculos especiais com baterias de nematocistos para expulsar indivíduos de outras colônias, por meio de ataque que pode causar necrose nos tecidos da anêmona-do-mar invasora (Ruppert & Barnes, 1996; Brusca & Brusca, 2003). Nesse sentido, é possível que as aglomerações de anêmonas-do-mar sejam mais uma evidência de indivíduos de uma mesma espécie.

Registrou-se alto índice de bioturbação no substrato associado às anêmonas-do-mar. Os icnofósseis apresentam complexidade, com escavações verticais rasas ou profundas e horizontais simples ou ramificadas (Figura 41), indicando a alta oxigenação no ambiente de vida dessa biota e que as anêmonas-do-mar não eram os únicos animais infaunais que colonizaram o ambiente.

Figura 41. Anêmonas-do-mar associada aos icnofósseis. A, detalhe para a coluna; B detalhe do disco oral. Seta vermelha indica uma anêmona-do-mar fóssil com disco oral fechado; Seta preta aponta os icnofósseis.

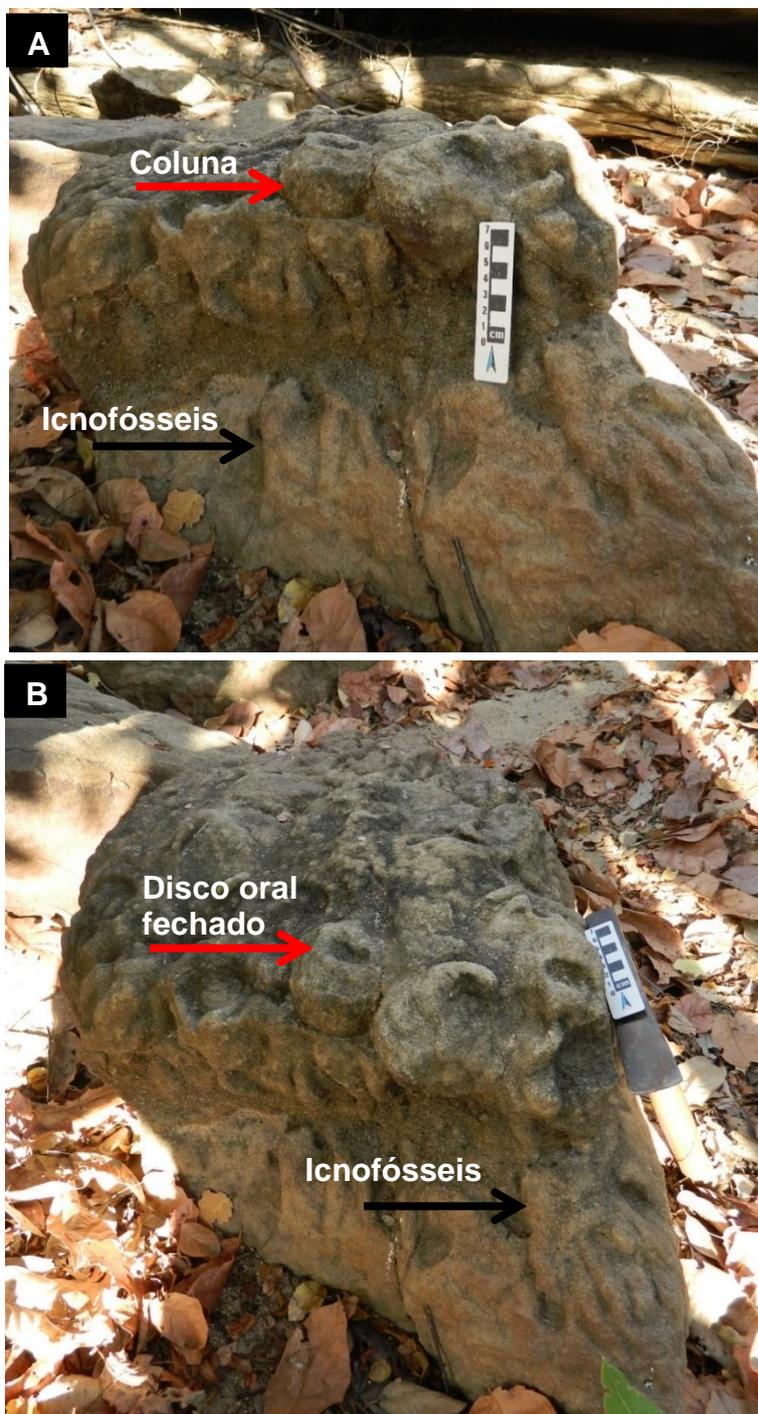
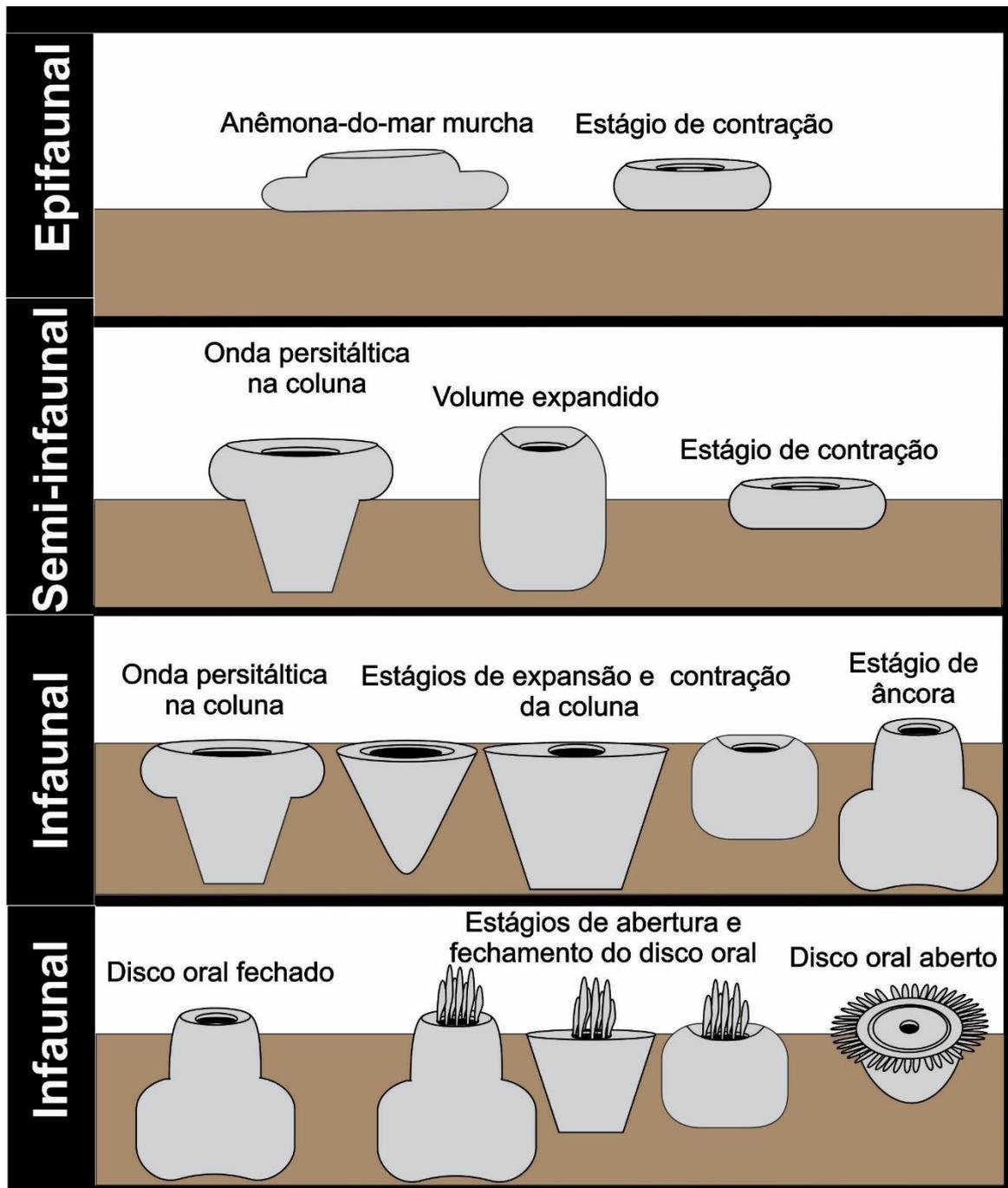


Foto: Thomas Fairchild.

5.5.2 Habitação

Quando analisadas conjuntamente a forma do corpo, a interpretação comportamental e a posição relativa no substrato, é possível obter uma interpretação consistente sobre o modo de ocupação do substrato. Portanto, infere-se que as anêmonas-do-mar do Ceará viveram sobre o substrato (epifaunal), entre (semi-infaunal) e/ou dentro (infaunal) (Figura 42).

Figura 42. O modo de ocupação do substrato e a relação entre a morfologia e comportamento.



5.5.3 Tipo e consistência do substrato, e as adaptações dos organismos

A maior ou menor coesividade do substrato influencia diretamente a distribuição da fauna a partir das suas habilidades para escavar ou perfurar o substrato. São reconhecidos quatro tipos de substratos: encharcados, moles, firmes e duros. Com exceção deste último, os três primeiros são inconsolidados (Ekdale, 1988). Possivelmente, o substrato ocupado pelas anêmonas-do-mar era mole, uma vez que devia ser macio para escavação e relativamente firme para manter as anêmonas-do-mar aderidas nele. Além de moles, há também uma diversidade no tamanho do grão no substrato, sendo arenoso a cascalhoso, arenoso com níveis cascalhosos, ou arenoso com grãos grossos a médios (Figura 43). O tamanho do grão não foi um fator limitante para as anêmonas-do-mar, uma vez que alguns espécimes de morfologia semelhante são encontrados em diferentes granulometrias.

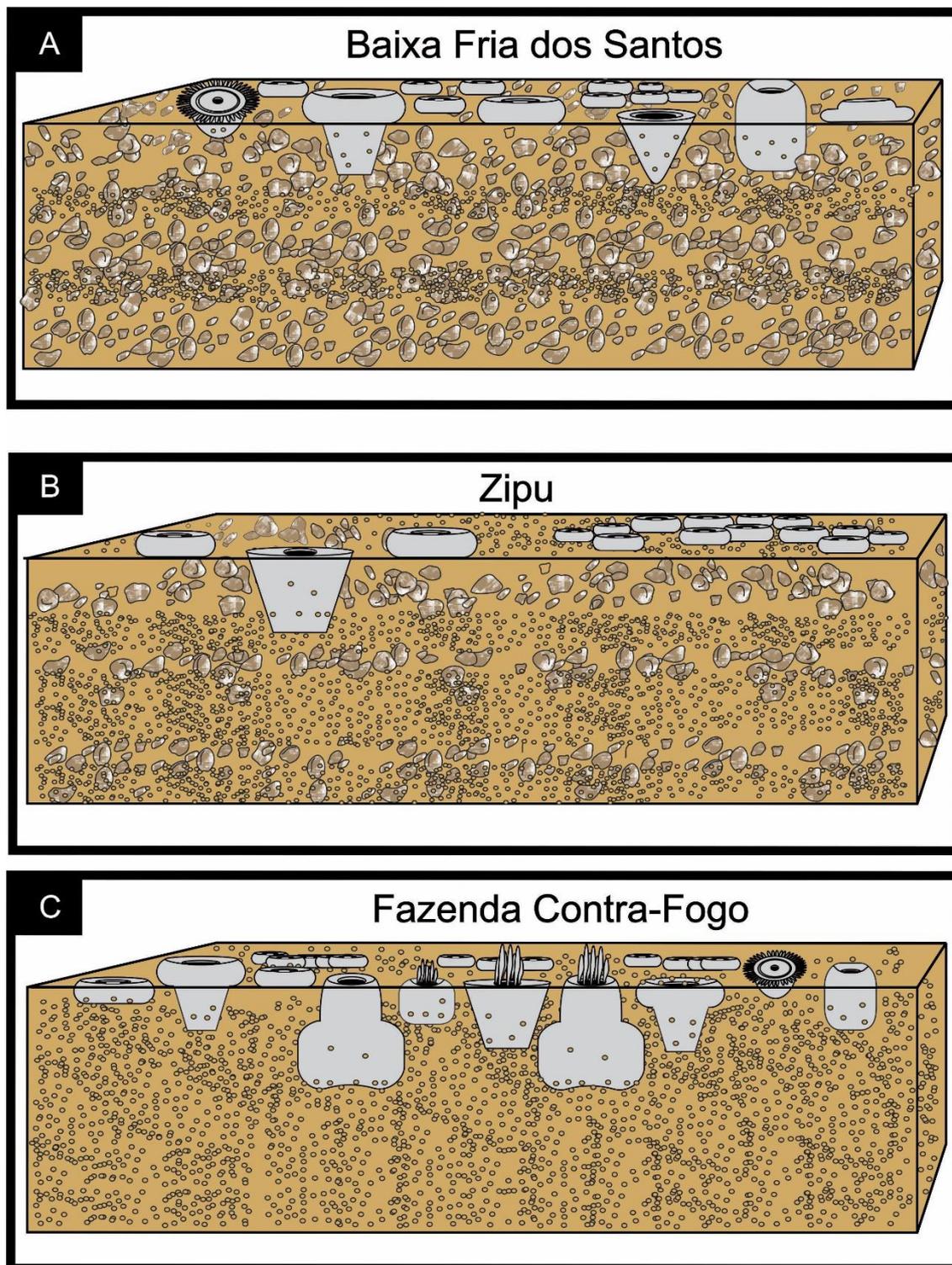
Thayer (1975) resumiu três estratégias básicas dos organismos bentônicos, denominando-as de “raquete de neve”, “iceberg” e “prego de ancoragem” considerando a distribuição das massas corporais sobre os substratos inconsolidados fanerozoicos. Comumente realizada por aqueles que têm um largo corpo, a estratégia de adaptação “raquete de neve” permite ao organismo se estabelecer superficialmente no substrato por meio da distribuição do peso do corpo. Na estratégia “iceberg”, o organismo vive aderido ao substrato, enterrando-se profundamente para estabilizar o seu corpo (Seilacher, 1999). A estratégia “prego de ancoragem” pode ter se desenvolvido mais eficientemente pela secreção de um muco.

Nesse sentido, é possível que a maioria dos fósseis do noroeste do Ceará adotaram a estratégia de adaptação fanerozoica do tipo “iceberg”, como base na presença e modificação da fisa para escavação, além da posição no substrato, geralmente penetrando profundamente para proteger o corpo da alta energia do meio, evidenciada pela abundância de cascalho.

5.5.5 Comportamento de cobertura

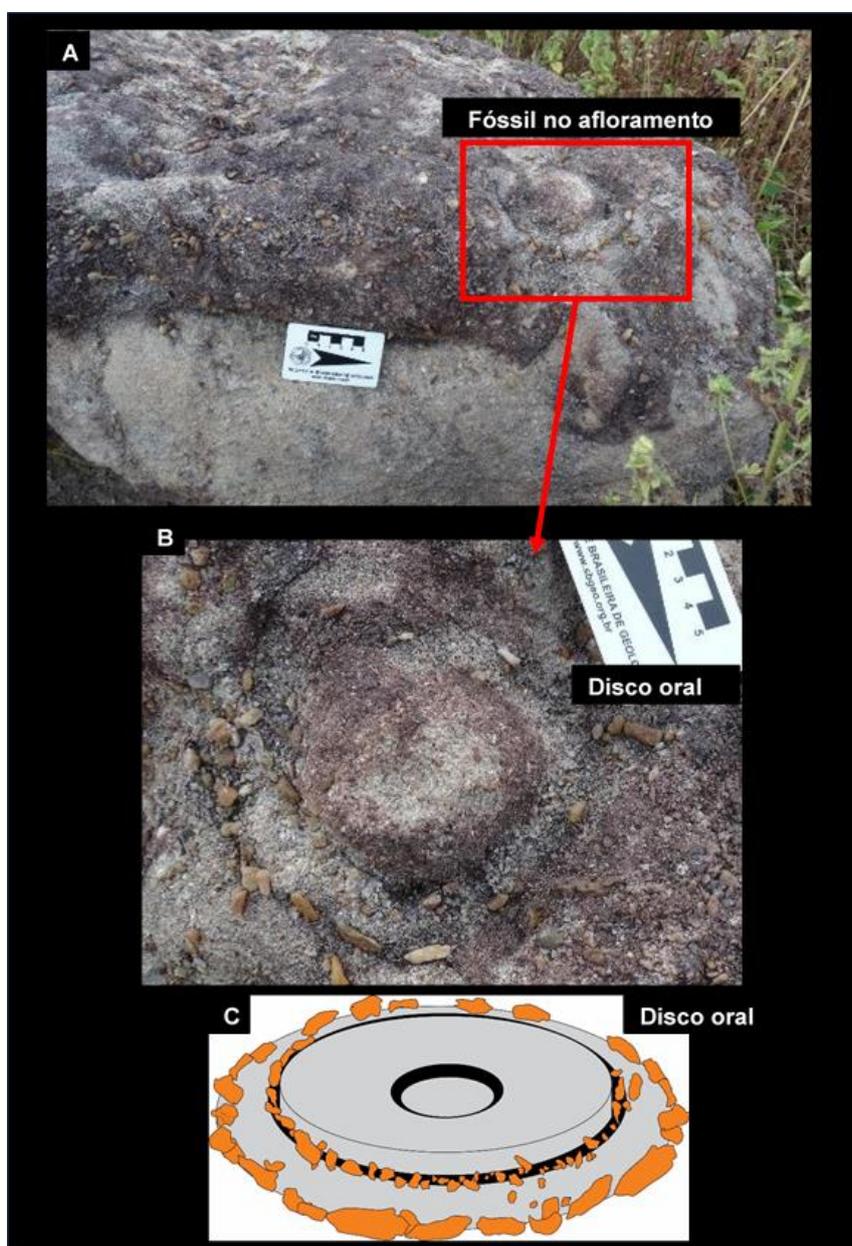
Certas espécies de anêmonas-do-mar (actiniaria) aglutinam fragmentos de concha ou cascalho à sua superfície por meio de papilas dérmicas conhecidas como verrugas (Parker, 1917). Outros antozoários como os zoantídeos embutem partículas de sedimento internamente em sua mesogleia (Soong *et al.*, 1999).

Figura 43. Diversidade do tamanho dos grãos nos substratos inconsolidados e os fósseis associados. A, arenito conglomerático, em Santana do Acaraú (Baixa Fria dos Santos), litofácies II; B, Arenito com níveis cascalhosos, em Reritaba (Zipu), litofácies III; C, Arenito grosso a médio em Pacujá, litofácies IV (Fazenda Contra-Fogo).



Observações de campo sugerem comportamento de cobertura (Figura 44), onde há concentração de material mais grosso na margem externa do disco oral e/ou na porção interna, quando ainda viva, possivelmente na mesogleia. Portanto, estes grãos maiores não são apenas uma junção aleatória e essa concentração de sedimentos pode ter auxiliado os organismos a manterem a rigidez e a forma do corpo, como ocorre por exemplo, em muitos zoantídeos (Reimer *et al.*, 2012).

Figura 44. Comportamento de cobertura. A, posição do pólipo no afloramento de Santana do Acaraú; B, ampliação do pólipo de “A”, com detalhe do disco oral. Notar a diferença da concentração de material entre a margem externa e interna; C, desenho esquemático do fóssil em B.



CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os invertebrados fósseis dessa pesquisa são biomarcadores regionais da Formação Ipu (Siluriano), encontrados nos municípios de Pacujá, Reriutaba e Santana do Acaraú, estando distantes por mais de 100 km, em afloramentos descontínuos, dispostos paralelamente ao grande Lineamento Transbrasiliano-Kandi.

As diferenças entre as litofácies sedimentares da Formação Ipu pouco afetaram o desenvolvimento e colonização dessa biota, uma vez que fósseis com morfologias semelhantes são encontrados em mais de 20 afloramentos, com variação da granulometria dos sedimentos (areia e seixo), evidenciado nas litofácies de II a IV, sugerindo relativa adaptação às condições ambientais, de alta energia.

As estruturas morfológicas observadas nos fósseis da Formação Ipu demonstram afinidades com o grupo dos actiniários (cnidários polipoides), sendo os discos, observados na região oral dos organismos, resultado do comportamento de expansão e contração do disco oral das anêmonas-do-mar, com ou sem tentáculos preservados.

Devido à plasticidade do corpo das anêmonas-do-mar fósseis, com ampla modificação da coluna, o tamanho e a forma não devem ser critérios para separar os fósseis em diferentes espécies, pois essa diferenciação morfológica não se associa à diversidade taxonômica e pode ser resultado de estruturas anelares elásticas sobrepostas na coluna, evidenciadas por meio das análises de tomografia computadorizada. Portanto, é possível que exista apenas uma espécie de antozoário na área de estudo.

A preservação dos fósseis sugere o enterramento *in situ* da maioria dos animais vivos em densas populações, sendo gregários, como nas anêmonas-do-mar atuais. O modo de vida intimamente relacionado com a incorporação do sedimento na superfície externa do corpo e/ou internamente propiciou a preservação, no ambiente de alta energia também devido ao soterramento rápido.

Em virtude da singularidade dessa descoberta no Brasil e da raridade de anêmonas-do-mar fósseis no mundo, esta ocorrência representa o primeiro registro de antozoários do Siluriano, no Brasil e no mundo, com relativa abundância de modos de preservação, merecendo a denominação própria de Biota de Pacujá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ansell, A.D.; Trueman, E. R. 1968. The mechanism of burrowing in the anemone *Peachia hastate* Gosse. *The Journal of Experimental Biology.*, **2**:124-134.

Barroso, F.R.G., 2012. *Fauna de Ediacara da Bacia do Jaibaras, noroeste do Ceará: A primeira ocorrência no Nordeste do Brasil*. Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. *Dissertação de mestrado*, 71p.

Barroso, F.R.G., Viana, M.S.S., Lima Filho, M.F., Agostinho, S.M.O., 2014. First Ediacaran Fauna Occurrence in Northeastern Brazil (Jaibaras Basin, ?Ediacaran-Cambrian): Preliminary Results and Regional Correlation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.*, **86**:1029-1042.

Batham, E.J. & Pantin, C.F.A., 1950. Muscular and hydrostatic action in the sea-anemone *Metridium senile*. *Journal of experimental biology.*, **27**:264-289.

Boucot, A. J., Johnson, J.G.; Talent, J.A. 1969. Early devonian brachiopod zoogeography. *Geol. SOCA.* 119:1-113.

Bromley, R.G. 1990. *Trace Fossils. Biology and taphonomy*. Unwin Hyman, Londres, 280p.

Brusca, R.C. & Brusca, G.J., 2003. *Invertebrate*. Sinauer Associates, Sunderland, 938p.

Caputo, M.V. & Lima, E.C., 1984. *Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba*. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 33, 1984, Rio de Janeiro, Anais. 2: 740-743.

Caputo, M.V., 1984. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of Northern Basins of Brazil. 586 p. Thesis. Doctorate. University of Califórnia, Santa Bárbara.

Carozzi, A.V., Falkenhein, F.V.H., Carneiro, R.G., Esteves, F.R., Contreiras, C.J.A., 1975. Análise Ambiental e Evolução Tectônica Sinsedimentar da Seção Siluro-Eocarbonífera da Bacia do Maranhão. In: *Série Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração do Petróleo*, Rio de Janeiro, 48p.

Cartwright, P., Halgdahl, S.L., Hendrick, J.R., Jarrard, R.D., Marques, A.C., Collins, A.G., Lieberman, A.G. 2007. Exceptionally preserved jellyfishes from the Middle Cambrian. *Plos One* 2(10): e1121.

Cassab, R.C.T., 2010. Objetivos e princípios. In: Carvalho, I.S. (ed), *Paleontologia: conceitos e métodos*. Interciência, Rio de Janeiro p.3-11.

Clarke, J.M. 1899. A fauna siluriana superior do rio Trombetas, Estado do Pará, *Archivos do Museu Nacional*, 10:1-58.

Clarke, J.M. 1913. Fósseis devonianos do Paraná. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Mon. 1, 353 p.

Chen, J.-Y. & Erdtmann, B.D., 1991. Lower Cambrian Lagerstätte from Chengjiang, Yunnan, China: insights for reconstructing early metazoan life. In: Simonetta, A.M., Morris, C.S., (eds), *The early evolution of metazoans and the significance of problematic taxa*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 57-76.

Chia, F.S., 1976. Sea anemone reproduction: patterns and adaptative radiations. In: Mackie, G.O. (ed), *Coelenterate ecology and behavior*. Plenum Press, New York, p. 261-270.

Conway Morris, S. 1993: Ediacaran-like fossils in Cambrian Burgess Shale-type faunas of North America. *Palaeontology* 36, 593-635.

Daly, M., Brugler, M.R., Cartwright, P., Collins, A.G., Dawson, M.N., Fautin, D.G., Scott, C.F., Fadden, C.S., Opresko, D.M., Rodriguez, E., Romano, S.L., Stake, J.L., 2007. The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years Linnaeus. In: Zhang, Z.Q., Shear, W.A., (eds), *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy*. *Zootaxa* **1668**: 127-182.

Davies, D.J.; Powell, E. N.; Statnton, R. J. Jr. 1989. Taphonomic signature as a function of environmental process: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on the Texas coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72: 317-352.

Devereux, M.G., 2001. Palaeoecology of the Middle Cambrian Raymond Quarry Fauna, Burgess Shale, British Columbia. M.Sc. thesis, University of Western Ontario, London, Canada, 196 pp. (unpublished).

Ekdale, A.A. 1988. Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on the trace fossil assemblages. *Palaios*, **3**:464-472.

Fernandes, A.C.S., 2011. Cnidários. In: Carvalho, I.S. (ed), *Paleontologia: Microfósseis e Paleoinvertebrados*. Interciência, Rio de Janeiro, p. 315-331.

Fernandes, A.C.S., Borghi, L., Carvalho, I.S., Abreu, C.J., 2002, *Guia dos Inofósseis de Invertebrados do Brasil*. Interciência, Rio de Janeiro, 260p.

Folk, R. L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas, Hemphill's, Pub., 107p.

Fonseca, V.M.M & Costa, D.M.M., 1999. Primeira ocorrência de colunariida no Devoniano Médio da Bacia do Amazonas (Formação Maecuru), Estado do Pará, Brasil. *Boletim do Museu Nacional*, **48**:1-11.

Foster, M.W., 1979. Soft-bodied coelenterates in the Pennsylvanian of Illinois. In: Nitecki, M.H. (Ed.), *Mazon Creek Fossils*. Academic Press, New York, pp. 191–267.

Frakes, L. A.; Frances, J. E.; Syktus, J. I. 1992. *Climate modes of the Phanerozoic*. Cambridge University Press. New York, 274.

Galvão, C.C., 2002. Mapeamento geológico estrutural da região nordeste de Santana do Acaraú-CE, com ênfase a deformação frágil. Relatório de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 64p.

Gehling, J.G., 1988. A cnidarian of actinian-grade from the Ediacaran pound subgroup, South Australia. *Alcheringa*, **12**:299-314.

Gehling, J.G., 1999. Microbial mats in the terminal Proterozoic siliciclastics: Ediacaran death masks. *Palaios*. **14**:40-47.

Góes, A.M. & Coimbra, A.M., 1996. As bacias sedimentares da Província Sedimentar do Meio Norte. In: *Simpósio de Geologia da Amazônia*. Belém, Pará. Boletim de Resumos expandidos, p. 186-187.

Góes, A.M. 1995. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, **Tese de Doutorado**. 171 p.

Góes, M.F. & Feijó, A.L., 1994. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. **8**:(1) 57-67.

Grahn, Y., Caputo, M.V., 1992. Early Silurian glaciations in Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **99**: 9-15.

Granh, Y., Melo, J.H.G., Steemans, P., 2005. Integrated chitinozoan and miospore zonation of the Serra Grande Group (Silurian-Lower Devonian), Parnaiba Basin, Northeast Brazil. *Revista Española de Micropaleontología*, **37**:(2)183-204.

Hagadorn, J. W., Dott Jr., R. H., Damrow, D., 2002. Stranded on a Late Cambrian shoreline: Medusae from Central Wisconsin, *Geological Society of America*, 30:147-150.

Hahn, G.; Hahn, R.; Leonardos, O.H.; Pflug, H.D.; Walde, D.H.G. 1982. Kfrperlich erhaltene Scyphozoen-Reste aus dem Jungprekambrium Brasiliens. *Geologica et Paleontologica*, 16: 1-18.

Han, J., Kubota, S., Uchida, H., Stanler Jr, G.D., Yao, X., Shu, D., Li, Y., Yasui, K., 2010. Tiny sea anemone from the Lower Cambrian of China. *Plos One.*, 5:1-10.

Hasui Y., Carneiro C.D.R., Almeida F.F.M., Bartorelli A. 2012. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 900p.

Hickman, C.P.Jr., Roberts, L.S., Larson, A., 2001. *Integrated principles of Zoology*. The McGraw-Hill, New York, 899.

Hoffmann, H.J., O'Brien, S.J., King, A.F., 2008. Ediacaran Biota on Bonavista Peninsula, Newfoundland, Canada. *Journal of Paleontology.*, 82:(1)1-36.

Hou, X-G., Stanley, G.D., Zhao, J., Ma, X-Y., 2005. Cambrian anemones with preserved soft tissue from the Chengjiang biota, China. *Lethaia.*, 38:193-203.

Jackson, J.B.C., 1983. Biological determinants of present and past sessile animal distributions. In: Tevesc, M., & McCall, P.W. (eds), *Biotic Interactions in Recent Fossil Benthic Communities*. Plenum Press, New York, p. 39-120.

Kegel, W., 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim*, 141, 46p.

Kidwell, S.M.; Behrensmeier, A. K., (1993). Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages. *Paleontological society, Short courses in Paleontology*, n.6, p.1-8.

Lech, R.R., 2009. Inner morphology of Pale oanemone (Cnidaria: Actiniaria): A burrowing anemone of the Carboniferous of Argentina. *Série Correlación Geológica.*, 25:27-36.

Lei, Q-P., Han, J., Ou. Q., Wan, X-Q., 2014. Sedentary habits of Anthozoa-like animals in the Chengjiang Lagerstätten: Adaptive strategies for Phanerozoic-style soft substrates. *Gondwana Research.*, 25:966-974.

Leme, J.M., Rodrigues, S.C., Simões, M.G., Van Iten, H., 2004. Sistemática dos conulários (Cnidaria) da Formação Ponta Grossa (Devoniano), Estado do Paraná, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(2): 213-222.

Liu, A.G., Mcllroy, D., Brasier, M.D. 2010. First evidence for locomotion in the Ediacara biota from the 565 Ma Mistaken Point Formation, Newfoundland. *Geology*, **38**:123.

Liu, A.G., Matthews, J.J., Menon, L.T., Mcllroy., Brasier., 2015. *Hootia quadriformis* n. gen., n. sp., interpreted as a muscular cnidarian impression from the Late Ediacaran period (approx. 560 Ma). *Proceedings of the Royal Society*, **281**: 1-8.

Maldanis, L.; Carvalho, M.; Almeida, M. R.; Freitas, F. I.; Andrade, J. A. F. G.; Nunes, R. S.; Rochitte, C. E.; Poppi, R. J.; Freitas, R. O.; Rodrigues, F.; Siljeström, S.; Lima, F. A.; Galante, D.; Carvalho, I. S.; Perez, C. A.; Carvalho, M. R.; Bettini, J.; Fernandez, V.; Neto-Xavier, J. 2016. Heart fossilization is possible and informs the evolution of cardiac outflow tract in vertebrate. *Elife*: 1-12.

Mapstone, N.B. & Mcllroy, D., 2006. Ediacaran fossil preservation: Taphonomy and diagenesis of discoid biota from the Amadeus Basin, central Austrália. *Precambrian Research*. **149**:126-148.

Mata, S.A., Corsetti, F.A., Awramik, S.M., Bottjer, D., 2012. Lower Cambrian burrows from the Upper Member of the Wood Canyon Formation, Death Valley region, United States Paleocological and Paleoenvironmental significance. *Palaios*., **27**:594-606.

McFarlane, I.D. & Lawn, I.D. 1972. Expansion and contraction of the oral disc in the sea anemone *Tealia felina*. *Journal of Experimental Biology*., **57**:633-649.

Moore, J., 2006. *An introduction to the invertebrates*. Cambridge University Press, Cambridge, 319p.

Mouro, L.; Fernandes, A.C.S. 2011. Poríferos e cnidários fósseis do Brasil: histórico das pesquisas. In: Carvalho, I.S.; Srivastava, N.K.; Strochschoen Jr., O.; Lana, C.C. (Org.). *Paleontologia: Cenários de Vida*. 1ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, v.4 p. 315-326.

Oliveira, D.C., 2000. Stratigraphic Interplays between igneous and sedimentary events in the early palaeozoic Jaibaras Trough (Northeast Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*., **30**:427-431.

Oliveira, D.C., 2001. Reavaliação da evolução tectono-magmática do *Graben* de Jaibaras (nordeste do Brasil). *Acta geológica hispanica*., **36**:53-95.

Oliver, W.A. 1996: Origins and relationships of Paleozoic coral groups and the origin of the Scleractinia. In Stanley, G.D. 9ed.): *Paleobiology and Biology of Corals*, 107-135. Paleontological Society, Pittsburgh.

Orlowski, S., Radwanski, A., 1986. Middle Devonian sea-anemone burrows, *Alpertia sanctacruensis* ichnogen. et ichnosp. n. from the Holy Cross Mountains. *Acta Geologica Polonica*., **36**:(1-3)233-249.

Ossian, C.R., 1973. New Pennsylvanian scyphomedusan from western Iowa. *Journal of Paleontology* 47 (5), 990–995.

Pacheco, L.M.A.F. 2012. Reconstituição morfológica e análise sistemática de *Corumbella wernerii* Hahn *et al.* 1982 (Formação Tamengo, Ediacarano, Grupo Corumbá), do Mato Grosso do Sul, Brasil: implicações paleoecológicas e tafonômicas. **Tese de doutorado**. Doutorado em Geociências Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo. 167p.

Pacheco, L.M.A.F., Galante, D., Rodrigues, F., Leme, J.M., Bidola, P., Hagadorn, W., Stockmar, M., Herzen, J., Rudnitzki, D., Pfeiffer, F., Marques, A.C., 2015. Insights into the Skeletonization, Lifestyle, and Affinity of the Unusual Ediacaran fossil *Corumbella*. *Plos One*. **10**:(3)1-19

Parker, G.H., 1917. Power of suction in the sea anemone *Cribrina*. *Journal of Experimental Zoology*, **24**:139-222.

Quadros, M.L.E.S., 1995. Estudo tectono-sedimentar da Bacia Jaibaras, na região entre as cidades de Pacujá e Jaibaras, NW do Estado do Ceará. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Pará. Belém . 141 p.

Reimer, J.D., Lin, M., Fujii, T., Lanes, D.J.W., Hoeksema, B.W., 2012. The phylogenetic position of the solitary zoanthid genus *Sphenopus* (Cnidaria: Hexacorallia). *Contributions to Zoology*, **81**:(1)43-54.

Ruppert, E.E. & Barnes, R.D., 1996. *Zoologia dos invertebrados*. Roca, São Paulo, 1029p.

Ruppert, E.E., Fox, R.S., Barnes, R.D., 2005. *Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva*. Roca, São Paulo, 1161p.

Santos, M.E.C.M.; Carvalho, M.S.S., 2009. Paleontologia das Bacias Parnaíba, Grajaú e São Luís. Serviço Geológico do Brasil –DGM/DIPALE, Rio de Janeiro, 215p.

Savazzi, E., 2007. A new reconstruction of *Protolyellia* (Early Cambrian psammocoral). In: Vickers-Rich, P. & Komarower, P. (eds), *The Rise and Fall of The Ediacaran Biota*. Geological Society of London Special Publications. 286, 339-353.

Schultz, C.L., 2010. Extinções. In: Carvalho, I. S. (ed) *Paleontologia: conceitos e métodos*. Interciência, Rio de Janeiro, p. 163-180.

Scrutton, C.T., 1997. The Palaeozoic corals: Origins and relationships. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, **51**:177-208.

Scrutton, C.T., 1999. Palaeozoic corals: their evolution and palaeoecology. *Geology Today*. **15**:184-193.

Seilacher, A., 1992. Vendobionta and Psammocolaria: lost constructions of Precambrian evolution. *Journal of the Geological Society.*, **149**:607-613.

Seilacher, A., 1998. Patterns of macroevolution: How to be prepared for extinction. *Earth and planetary Sciences.*, **327**:431-440.

Seilacher, A., 2007. *Trace fossils analysis*. Springer, New Haven, 238p.

Seilacher, A. & Gishlick, A.D., 2015. *Morphodynamics*. CRC Press, New York, 514p.

Seilacher, A., Reif, W.E., Westphal, F. 1985. Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lagerstätten. *Philosophical transactions B.*, **311**:5-23.

Serezhnikova, E.A., 2007. Vendian Hiemalora from Arctic Siberia reinterpreted as holdfasts of benthic organisms. *Geological Society of London.*, **286**:331-337.

Sheehan, P. M. 1972. The reation of Late Ordovician glaciation to the Ordovician-Silurian changeover in North American brachiopod faunas. *Lethaia*, **6**:147-154.

Shipman, P. 1981. *Life history of a fossil*. Havard University Press, London 228p.

Soong, K., Shiau, Y-S., Chen, C-P., 1999. Morphological and life History Divergence of the Zoanthid, *Sphenopus marsupialis* off the Taiwanese Coast. *Zoological Studies*. **38**:(3)333-343.

Sousa, M.J.G., 2014. Icnofósseis do Grupo Serra Grande, Siluriano da Bacia do Parnaíba, na região de Viçosa do Ceará-Ce, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal do Ceará, **Dissertação de Mestrado**, 138p.

Thayer, C.W., 1975. Morphologic adaptations of benthic invertebrates to soft substrata. *Journal of Marine Research.*, **33**:177-189.

Torsvik, T.H., Cocks, L.R.M., 2013. Gondwana from top to base in space and time. *Gondwana Research* **24**:999-1030.

Van Iten, H., Leme, J.M., Marques, A.C., Simões, M.G., 2013. Alternative interpretations of some earliest ediacaran fossil from China. *Acta Palaeontologica Polonica.*, **58**(1): 111-113.

Vaz, P.T., Rezende, N.G.A.M., Filho, J.R.W., Travassos, W.A.S., 2007. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, **15**(2): 253-263.

Viana, M.S.S., Oliveira, P.V., Sousa, M.J.G., Barroso, F.R.G., Vasconcelos, V. A., Melo, R.M., Lima, T.A., Oliveira, G.C., Chaves, A.P.P., 2010. Ocorrências Icnofossilíferas do Grupo Serra

Grande (Siluriano da Bacia do Parnaíba), Noroeste do Estado do Ceará. *Revista de Geologia.*, **23**:77-89.

Wood, R., 1999. Reef Evolution. Oxford University Press, Oxford, 414p.

Young, G.A.; Hagadorn, J.W. 2010. The fossil record of cnidarian medusae. *Paleoword* 19 212-221.

Yuan, X., Chen, Z., Xiao, S., Zhou., C., Hua., 2011. An early ediacaran assemblage of macroscopic and morphologically differentiated eukaryotes. *Nature.* **470**: 390-393.

APÊNDICE

Medidas dos Fósseis da Coleção de Paleontologia do Museu Dom José (Ed-01 0 Ed-138) e Características Registradas																	
Nº	Disco oral	L. Bo. (cm)	D. Me. (cm)	D.Ma. (cm)	D.C.	Forma Coluna/base	Altura. (cm)	D.Ba. (cm)	L.Bo.b	D.C.	D.Me.Ba	Mes.	Ten.	Aneis	Cavidade interna	Estruturas circulares	
01	Aberto	3,0	2,0	8,5	1,0	Disco	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	Ausente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03	Indet.	1,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	Aberto	1,0	5,0	8,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
05	Aberto	1,0	6,0	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	Indet.	1,0	3,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
07	Aberto	3,5	7,0	14,0	3,0	Cilindro curto	8,0	13,0	2,0	1,5	7,5	-	-	-	-	-	X
08	Aberto	1,0	3,5	6,0	1,0	Cilindro-cilindro alargado	8,0	10,0	1,5	-	5,0	-	-	-	-	-	-
09	Fechado	4,5/5,0	2,5/1,5	11/11	-	Cone truncado	7,5/6,0	6,0	1,5	-	2,0	-	-	X	-	-	-
10	Fechado	3,5	3,0	10,0	-	Cilindro-cone Truncado.	8,0	5,5	1,0	1,0	2,5	X	-	X	X	-	-
11	Indet.	-	1,0	8,0	-	Cone	5,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Aberto	2,0	7,5	12,0	-	Cone	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Indet.	5,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Aberto	4,5	7,5	15,0	1,5	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Ausente	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Aberto	2,5	5,0	5,5	-	Cilindro curto	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Indet.	4,0	-	-	-	Cilindro curto	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Fechado	-	-	10,0	-	Cilindro médio	13,0	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Ausente	-	2,0	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Aberto	1,5	2,0	6,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Ausente	4,5	2,5	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Aberto	3,5	4,1	10,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Fechado	5,0	3,0	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Fechado	2,5	1,5	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Fechado	4,0	2,0	10,0	-	Cone truncado	11,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: L.Bo., largura da borda; D. Me., Diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; D.Ba., diâmetro basal; L.Bo.b., largura da borda da base; D.C., diâmetro central; D. Me. Diâmetro menor; Mes., mesentério.; Ten., tentáculos.

Medidas dos Fósseis da Coleção de Paleontologia do Museu Dom José (Ed-01 0 Ed-138) e Características Registradas																
Nº	Disco oral	L. Bo. (cm)	D. Me. (cm)	D.Ma. (cm)	D.C	Forma Coluna/Base	Altura (cm)	D.Ba. (cm)	L.Bo.Ba	D.C.	D.Me.Ba	Mes	Ten.	Aneis	Cavidade interna	Estruturas circulares
26	Aberto	2,0	4,0	9,0	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Fechado	3,0	1,0	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Ausente	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Fechado	2,0	0,7	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Aberto	4,0	3,5	9,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Fechado	4,0/2,0	2,0	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Ausente	-	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Fechado	3,0	1,5	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Aberto	1,5	6,0	10,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	Fechado	3,5	2,1	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	Ausente	2,5	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	Ausente	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	Ausente	-	-	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	Aberto	1,1	4,5	7,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	Ausente	3,0	-	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	Fechado	4,0	2,0	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	Fechado	1,5	1,0	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	Fechado	3,0	1,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Ausente	1,5	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	Ausente	-	-	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	Ausente	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	Aberto	0,5	3,5	5,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	Ausente	-	-	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	Ausente	2,0	6,5	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	Aberto	2,5	9,0	12,0	1,5	Cone truncado	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: L.Bo., largura da borda; D. Me., Diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; D.Ba., diâmetro basal; L.Bo.b., largura da borda da base; D.C., diâmetro central; D. Me. Diâmetro menor; Mes., mesentério.; Ten., tentáculos.

Medidas dos Fósseis da Coleção de Paleontologia do Museu Dom José (Ed-01 a Ed-138) e Características Observadas																
Nº	Disco oral	L. Bo. (cm)	D. Me. (cm)	D.Ma. (cm)	D.C.	Forma Coluna/Base	Altura. (cm)	D.Ba. (cm)	L.Bo.b	D.C	D.Me.Ba	Mes.	Ten.	Aneis	Cavidade interna	Estruturas circulares
51	Indet.	2,0	3,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	Fechado	3,5	1,5	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	Aberto	3,5	10,0	19,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	Ausente	2,5	6,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	Indet.	1,5	5,5	9,0	-	Cone truncado	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	Aberto	2,0	2,0	6,5	1,0	Cilindro curto	6,0	5,5	1,5	1,0	3,0	-	-	X	X	X
57	Aberto	2,0	2,0	6,5	1,0	Cilindro curto	4,5	-	-	-	-	-	X	X	X	-
58	Ausente	-	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	Indet.	3,0	3,0	8,0	-	Disco	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	Indet.	-	-	6,0	-	Cilindro curto	6,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-
61	Ausente	-	-	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	Indet.	-	11,5	10	-	Disco-disco alargado	4,0	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-
63	Indet.	2,5-9	9,0	22,0	-	Disco	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	Indet.	2,0	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	Aberto	3,5	3,5	11,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	Aberto	4,0	4,0	11,0	2,0	Cilindro-cilindro alargado	14,0	15,0	6,5	1,0	4,0	-	-	-	-	X
67	Indet.	-	-	15,0	-	Cone truncado	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68	Indet.	1,0	-	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	Fechado	2,5	1,0	8,0	-	Cilindro curto	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	Fechado	1,5	1,5	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	Ausente	2,5	2,5	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	Aberto	3,0	3,0	9,5	1,5	Disco	1,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-
73	Fechado	6,0	2,5	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	Fechado	2,0	2,0	6,5	-	Cilindro-cilindro alargado.	5,0	8,0	3,0	2,5	-	-	-	-	-	-
75	Ausente	1,0	3,0	8,0	-	Cilindro curto	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: L.Bo., largura da borda; D. Me., Diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; D.Ba., diâmetro basal; L.Bo.b., largura da borda da base; D.C., diâmetro central; D. Me. Diâmetro menor; Mes., mesentério.; Ten., tentáculos.

Medidas dos Fósseis da Coleção de Paleontologia do Museu Dom José (Ed-01 a Ed-138) e Características Observadas																
Nº	Disco oral	L. Bo. (cm)	D. Me. (cm)	D.Ma. (cm)	D.C;	Forma Coluna/Base	Altura. (cm)	D.Ba. (cm)	L.Bo.b	D.C.	D.Me.ba	Mes.	Ten.	Aneis	Cavidade interna	Estruturas circulares
76	Ausente	2,5/2,0	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	Ausente	2,0	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
78	Aberto	2,0	5,0	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
79	Indet.	2,5	1,0	6,0	-	Cilindro curto	5,5	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
80	Indet.	3,0	2,5	7,0	-	Cilindro curto	5,0	4,5	1,5	1,0	-	X	-	-	-	-
81	Ausente	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	Ausente	-	-	11,5	-	Cilindro curto	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
83	Ausente	-	-	> 9	-	Cilindro curto	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
84	Indet.	-	-	9,5	-	Cilindro-cone truncado	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	Indet.	1,5	1,4	7,2	-	Cone truncado	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
86	Fechado	4,0	2,0	12,0	-	Cone truncado	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	X
87	Aberto	4,0	4,0	10,5	1,0	Cilindro curto	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	X
88	Indet.	-	-	8,0	-	Cilindro curto	4,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-
89	Fechado	3,0	4,0	10,0	-	Cilindro curto	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	Fechado	2,5	2,0	8,0	-	Cilindro médio	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	Fechado	-	-	10,5	-	Cilindro-cone truncado	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	Indet.	-	-	8,2	-	Cone	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
93	Fechado	2,0	3,5	8,5	-	Cilindro-cilindro alargado	11,0	14,0	4,0	1,5	6,5	-	-	-	-	-
94	Indet.	-	-	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	Indet.	-	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	Aberto	1,5	2,0	7,0	1,5	Cone	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
97	Aberto	4,5	3,5	9,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
98	Ausente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
99	Indet.	2,5	4,0	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	Indet.	2,5	2,0	8,0	-	Disco	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: L.Bo., largura da borda; D. Me., Diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; D.Ba., diâmetro basal; L.Bo.b., largura da borda da base; D.C., diâmetro central; D. Me. Diâmetro menor; Mes., mesentério.; Ten., tentáculos.

Medidas dos Fósseis da Coleção de Paleontologia do Museu Dom José e Características Observadas																
Nº	Disco oral	L. Bo. (cm)	D. Me. (cm)	D.Ma. (cm)	D.C.	Forma Coluna/Base	Altura. (cm)	D.Ba. (cm)	L.Bo.b	D.C.	D.Me.Ba	Mes.	Aneis	Ten.	Cavidade interna	Estruturas circulares
101	Fechado	4,5	3,0	1,0	-	Cilindro-cone Truncado	8,0	5,0	-	2,0	-	-	-	-	-	-
102	Indet.	2,0	5,5	10,0	-	Cone truncado	6,0	8,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-
103	Indet.	1,5	4,0	-	-	Cilindro curto	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	Aberto	2,5	1,0	7,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X
105	Indet.	1,5	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	Ausente	4,0/2,0	2,5	9,0	-	Cone	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	Aberto	2,5	3,5	7,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	Indet.	3,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	Indet.	2,0	3,0	5,0	-	Cilindro médio	8,0	-	-	-	-	X	-	-	-	-
110	Indet.	-	-	7,5	-	Cilindro curto	5,0	7,5	2,0	1,0	3,5	-	-	-	-	-
111	Indet.	-	-	7,5	-	Disco-disco Alargado	5,0	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-
112	Indet.	-	-	12,0	-	Cilindro curto	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
113	Indet.	2,5	2,5	7,0	-	Cone	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
114	Indet.	2,0	2,0	4,5	-	Cone	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
115	Indet.	2,0	6,0	9,5	-	Cilindro curto	5,0	-	-	-	--	-	-	-	-	-
116	Aberto	-	-	7,0	2,0	Cone	10,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
117	Indet.	-	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
118	Indet.	3,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
119	Indet.	1,5	2,0	8,0	-	Cone	7,5	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
120	Aberto	-	-	10,0	2,0	Cilindro curto	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
121	Indet.	-	-	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122	Indet.	-	-	6,0	-	Cilindro-cone truncado.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
123	Indet.	3,0	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
124	Indet.	-	-	-	7,5	Cone	7,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
125	Ausente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: L.Bo., largura da borda; D. Me., Diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; D.Ba., diâmetro basal; L.Bo.b., largura da borda da base; D.C., diâmetro central; D. Me. Diâmetro menor; Mes., mesentério.; Ten., tentáculos.

Medidas dos Fósseis da Coleção de Paleontologia do Museu Dom José (Ed-01 a Ed-138) e Características observadas															
Nº	Disco oral	L. Bo. (cm)	D. Me. (cm)	D.Ma. (cm)	D.C.	Forma Coluna/Base	Altura (cm)	D.Ba. (cm)	L.Bo.Ba	D.C.	D.Me.Ba	Mes.	Ten.	Cavidade interna	Estruturas circulares
126	Indet.	-	-	9,0	-	Cone	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-
127	Indet.	2,0	2,5	15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
128	Ausente	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
129	Icnofóssil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	Icnofóssil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
131	Aberto	1,5	1,5	6,5	1,5	Cilindro curto	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
132	Indet.	-	-	-	-	Cilindro curto	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-
133	Aberto	3,0	6,0	11,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
134	Fechado	1,5	1,5	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135	Indet.	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
136	Aberto	2,5	5,5	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
137	Indet.	1,5	2,5	4,5	-	Disco	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
138	Ausente	-	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: L.Bo., largura da borda; D. Me., Diâmetro menor; D.Ma., diâmetro maior; D.Ba., diâmetro basal; L.Bo.b., largura da borda da base; D.C., diâmetro central; D. Me. Diâmetro menor; Mes., mesentério.; Ten., tentáculos.