



**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

DANIEL DA SILVA OLIVEIRA

**FÓSSEIS E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO GRAMAME,
MAASTRICHTIANO DA BACIA DA PARAÍBA, PEDREIRA DO ROGER, JOÃO
PESSOA – PB**

**Recife
2017**

DANIEL DA SILVA OLIVEIRA

**FÓSSEIS E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO GRAMAME,
MAASTRICHTIANO DA BACIA DA PARAÍBA, PEDREIRA DO ROGER, JOÃO
PESSOA – PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Alcina Magnólia da Silva Franca.

Recife

2017

Catalogação na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

O48f Oliveira, Daniel da Silva.
Fósseis e paleoambientes da formação Gramame, Maastrichtiano da Bacia da Paraíba, Pedreira do Roger, João Pessoa – PB / Daniel da Silva Oliveira. – Recife, 2017.
114 f.: il., fig. tab.

Orientadora: Profª. Drª. Alcina Magnólia Franca Barreto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2017.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Geociências. 2. Macrofósseis. 3. Nanofósseis Calários. 4. Paleoecologia. 5. Paleobatimetria. 6. Controle Estratigráfico. I. Barreto, Alcina Magnólia Franca (Orientadora). II Título.

DANIEL DA SILVA OLIVEIRA

**FÓSSEIS E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO GRAMAME,
MAASTRICHTIANO DA BACIA DA PARAÍBA, PEDREIRA DO ROGER, JOÃO
PESSOA – PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Aprovada em: 01 / 11 / 2017.

Banca examinadora:

Profª Dra. Alcina Magnólia daSilva Franca
(Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª. Priscilla Albuquerque Pereira
(Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco / PNPD

Profª Drª. Marcia Cristina Silva
(Examinadora Externa)
Universidade Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

A Deus, em reconhecimento a sua grandeza, soberania, misericórdia e a sua eterna sabedoria.

Aos meus pais, Sergio da Cunha Oliveira e Maria das Dores da Silva Oliveira, que investiram a sua vida, em prol do meu crescimento espiritual, físico e intelectual.

A Sérgio da Cunha Oliveira e Maria das Dores da Silva Oliveira, principal órgão financiador desta pesquisa.

A professora Alcina Magnolia Franca Barreto não só pelas orientações, mas também pelo acolhimento no PALEOLAB, pela eterna paciência e pelo rico aprendizado.

Aos professores Anderson Sobral, Marcia Silva, Priscilla Pereira e Flavia Pedrosa pelos momentos de discussão.

Aos colegas da UFPB: Bartolomeu Souza, Eduardo Viana, Galliza Marinho, Joseilson Medeiros, Lêda, Magno Erasto, Marisa e Ráisa Maria.

Aos meus amigos da Paraíba: Camila Ruffo, Cícero Saraiva, Francisco Vilar, Geremias Junior, Maria Clyvia, Michael Jackson, Maria Cecilia, Natana Mamede, Natiele Tenório e Penha Matias.

Aos meus amigos conquistados em Recife que se tornaram a minha família: Anderson Exu, Anny Rafaela, Arthur Hipólito, Carlos Pensionato, Gabriel Levi, Jéssica Burity, Karol Barros, Rilda Araripe, Vanderlan Holanda, Yumi Asakura, Rudah Duque. Desse povo citado quero destacar: Arthur Hipólito, Rilda Araripe, Vanderlan Holanda, Yumi Asakura e Rudah Duque, que sempre estiveram do meu lado mesmo eu estando errado.

A todos os integrantes do PALEOLAB, ao Programa de Pós-Graduação da UFPE. Ao secretário da Pós-Graduação Krishnamurti e ao pessoal da limpeza do segundo, terceiro, quarto e quinto andar do CTG que nunca falaram não quando pedia um copo de café.

A todos integrantes que fazem parte grupo Bosistas da Capes na página do Facebook, principalmente as pessoas que me forneceram energia quando eu precisei para formar a minha Genki Dama.

Não acho que quem ganhar ou quem perder, nem quem ganhar nem perder, vai ganhar ou perder. Vai todo mundo perder (ROUSSEFF, 2015).

RESUMO

Esta pesquisa teve o objetivo de realizar um estudo taxonômico e paleoecológico dos macrofósseis na Pedreira do Roger em João Pessoa-PB, para o entendimento das variações das associações faunísticas e da paleobatimetria, ao longo de 30 metros da Formação Gramame. Foi realizado levantamento bibliográfico e atividades de campo com coleta controlada de macrofósseis. Foram identificados ao longo da seção da pedreira, 14 táxons em 55 espécimes de macrofósseis coletados, incluindo: os bivalvios *Aesta paraibensis*, *Coelopis (Coelopis) brasiliensis*, *Neithea (Neithea) bexarensis*, *Ostrea?*, *Plicatula?* e *Pycnodonte?*; os gastrópodes: *Campanile brasiliense* e *Pterodonta? grammensis*; os amonóides: *Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus* e *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti*; os equinoides: *Hemaster* cf. *jacksoni*; decápoda: *Ophthalmoplax brasiliiana* e; dentes de tubarão: *Cretolamna*. Também foram realizadas análises de nanofósseis calcários para controle bioestratigráfico e da paleobatimetria da plataforma marinha. A partir dos nanofósseis calcários foram identificados duas biozonas (CC24 e CC 25) e três subzonas (CC 25A, CC 25B e CC 25C). Foram levantadas as preferências ecológicas dos macrofósseis e elaborada seção estratigráfica da pedreira com as litofácies *Mudstone/Wackestone* (M/W) e *Mudstone/Wackestone* argiloso (M/Wa), que intercalavam entre si perfazendo um total de 47 camadas, com uma espessura de 30 metros. A partir das ocorrências de macrofósseis e suas preferências ecológicas, foi registrado para a pedreira, duas associações de paleofauna. Na primeira, predominou grupos taxonômicos de hábito nectônico adaptados a Plataforma Marinha mais Profunda, partindo da camada 1 até a camada 26 (de 0 aos 21 metros da seção). Na segunda associação de paleofauna na porção mais superior da seção estratigráfica partindo da camada 36 até o topo da seção, na camada 47 (dos 25 aos 30 metros) predominou grupos taxonômicos de hábito bentônico adaptados a Plataforma Marinha Rasa. Entre as camadas 27 e 35, observaram-se espécies de hábito nectônico e bentônico, em que a proporção que as espécies do primeiro hábito iam desaparecendo, espécies de hábito bentônico iam surgindo conforme seguisse para o topo da seção. Esse trecho ficou entendido como uma transição de ambos os ambientes, indicando que o nível do mar rebaixava suavemente conforme seguia para o topo. Os nanofósseis calcários, da mesma forma que os macrofósseis, indicaram dois paleoambientes: um marinho profundo (Camada 7 a 11 / CC 24) e um marinho mais raso (Camada 41 / biozona CC 25C). Entre as camadas 14 e 16 / CC 25 A/B, percebeu-se uma pequena diminuição tanto da abundância, quanto da diversidade das espécies, e que continuavam a diminuir, de forma gradativa, conforme seguia-se para o topo da seção.

Percebe-se que as condições de vida são desfavoráveis aos nanofósseis calcários, que passam a diminuir gradualmente. Sugere um possível rebaixamento do nível do mar à medida que segue para o topo. A partir da análise dos macrofósseis e dos nanofósseis calcários ocorridos por toda seção estratigráfica, conclui-se que ambos apontam para a existência de dois ambientes: o marinho profundo entre as camadas 1 e 26 com uma profundidade entorno dos 200 metros, e o marinho raso entre as camadas 36 e 47 com uma profundidade próxima dos 20 metros.

Palavras-chave: Macrofósseis. Nanofósseis Calários. Paleoecologia. Paleobatimetria. Controle Estratigráfico.

ABSTRACT

This research had the objective of performing a taxonomic and paleoecological study of the macrofossils in the Pedreira do Roger in João Pessoa-PB, to understand the variations of faunal associations and paleobatimetry, along 30 meters of Gramame Formation. A bibliographical survey and field activities were carried out with controlled collection of macrofossils. A total of 14 taxa were identified along the section of the quarry, including 55 species of macrophyseal specimens, including: bivalves *Acesta paraibensis*, *Coelopis* (*Coelopis*) *brasiliensis*, *Neithea* (*Neithea*) *bexarensis*, *Ostrea* ?, *Plicatula*? and *Pycnodon* ?; the gastropods: *Campanile brasiliense* and *Pterodonta*? *grammamensis*; the ammonia: *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) *neubergicus* and *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) *jacquoti*; the equinoids: *Hemiaster* cf. *jacksoni*; decapoda: *Ophthalmoplax brasiliiana* e; Shark's teeth: *Cretolamna*. Analyzes of calcareous nanofossils for biostratigraphic control and paleobatimetry of the marine platform were also performed. Two biozones (CC24 and CC25) and three subzones (CC 25A, CC 25B and CC 25C) were identified from the calcareous nanofossils. The ecological preferences of the macrofossils and elaborated stratigraphic section of the quarry with Mudstone / Wackestone (M / W) and Mudstone / clayey Wackestone (M / Wa) lithia were collected, intercalating between them for a total of 47 layers, with a thickness of 30 meters. From the occurrence of macrofossils and their ecological preferences, two associations of paleofauna were registered for the quarry. In the first one, there were predominant taxonomic groups of nektonic habit adapted to the Deepest Marine Platform, starting from layer 1 to layer 26 (from 0 to 21 meters of the section). In the second association of paleofauna in the uppermost portion of the stratigraphic section starting from layer 36 to the top of the section, layer 47 (from 25 to 30 meters) predominated tributary groups of bentonic habit adapted to Marine Shelf Rasa. Between layers 27 and 35, species of nektonic and benthic habit were observed, in which the proportion that the species of the first habit disappeared, species of habit benthic appeared as it followed to the top of the section. This stretch was understood as a transition from both environments, indicating that the sea level was slowly lowering as it moved to the top. The calcareous nanofossils, like the macrofossils, indicated two paleoenvironments: a deep marine (Layer 7 to 11 / CC 24) and a shallower marine (Layer 41 / biozone CC 25C). Between layers 14 and 16 / CC 25 A / B, there was a small decrease in both species abundance and diversity, which continued to decrease gradually as it continued towards the top of the section. It is seen that living conditions are unfavorable to calcareous nanofossils, which gradually decrease. It suggests a

possible lowering of sea level as it moves to the top. From the analysis of the macrofossils and the calcareous nanofossils occurring in each stratigraphic section, we conclude that both point to the existence of two environments: the deep marine between layers 1 and 26 with a depth of around 200 meters, and the shallow marine between layers 36 and 47 with a depth close to 20 meters.

Keywords: Macrofossils. Nanofossils Calibrators. Paleoecology. Paleobatimetry. Stratigraphic Control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Principais pedreiras que ocorrem na Formação Gramame da Bacia da Paraíba apontadas na literatura pelo seu potencial fossilífero.....	16
Figura 2: Mapa de localização da Pedreira do Roger.....	20
Figura 3: Mapa de localização da Bacia da Paraíba apresentando suas sub-bacias: Miriri, Alhandra e Olinda. Ao norte da bacia encontra-se a Plataforma de Natal e ao sul da mesma a Bacia de Pernambuco.....	22
Figura 4: Linhas sísmicas da Bacia da Paraíba e de Pernambuco.....	23
Figura 5: Carta estratigráfica para a porção emersa da Bacia Pernambuco-Paraíba com registro das unidades da nas sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri.....	24
Figura 6: Cocólitos (A, B); Nanolitos (C, D).....	41
Figura 7: Variedade de cocosferas.....	42
Figura 8: Pluralidade de ornamentações dos cocólitos.....	43
Figura 9: Variedade de ornamentações dos cocólitos.....	44
Figura 10: Morfologia dos heterococólitos.....	45
Figura 11: Ocorrência e preservação dos grupos de microfósseis de acordo com o tipo de ambiente deposicional.....	46
Figura 12: Evidentemente como ilustra a imagem, percebe-se que os calcários amarelos encontra-se sobre o cinza, derrubando a teoria de Maury (1930), que afirmava ser os calcários intemperizados mais velhos do que o calcário cinza. Essa imagem ilustra o desmonte.....	53
Figura 13: Frente da lavra em uma porção inferior, localizada na Pedreira do Róger,.....	58
Figura 14: Frente da lavra em uma porção superior, localizada na Pedreira do Róger,.....	58
Figura 15: Material utilizado para a preparação dos macrofósseis, onde contém pincéis, trincha, ponteira, talhadeira, martelo geológico, instrumentos odontológicos paquímetro, luvas, ácido (HCl) e trena.....	59
Figura 16: Etapas de preparação das lâminas de nanofósseis calcários.....	61
Figura 17: Percentual dos táxons coletados na Pedreira do Roger em João Pessoa-PB.....	63
Figura 18: A – <i>Plicatula</i> ? Parátipos: DGEO-CTG-UFPE 2865; B – <i>Neithea</i> (<i>Neithea</i>) <i>bexarensis</i> Parátipos: DGEO-CTG-UFPE 2843; C – <i>Acesta paraibensis</i> Holótipo: DGEO-CTG-UFPE 2917.....	67
Figura 19: A – <i>Ostrea</i> sp. Parátipos: DGEO-CTG-UFPE 3196; B – <i>Coelopis</i> (<i>Coelopis</i>) <i>brasiliensis</i> Holótipo: DGEO-CTG-UFPE 3265; C – <i>Pycnodonte</i> (<i>Phygraea</i>) <i>vesicularis</i> Parátipos: DGEO-CTG-UFPE 2923.....	71

Figura 20: A – <i>Pterodonta? grammamensis</i> DGEO-CTG-UFPE 8516. B – <i>Campanile brasiliense</i> DGEO-CTG-UFPE 8517.....	73
Figura 21: A – <i>Pachydiscus neubergicus</i> vista lateral direito DGEO-CTG-UFPE N° 8512; B – <i>Pachydiscus neubergicus</i> vista frontal DGEO-CTG-UFPE N° 7777. C – <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i> vista lateral esquerdo DGEO-CTG-UFPE N° 7771; D – <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i> vista frontal DGEO-CTG-UFPE N° 7771.....	76
Figura 22: A – <i>Ophthalmoplax brasiliiana</i> DGEO-CTG-UFPE N° 8518; B e C – <i>Cretolamna?</i> DGEO-CTG-UFPE N° 8515; D – <i>Hemaster</i> cf. <i>jacksoni</i> DGEO-CTG-UFPE N° 8520.....	78
Figura 23: Seção estratigráfica da Pedreira do Roger com o número da camada e a indicação dos fósseis coletados.....	81
Figura 24: Nódulos de pirita da Pedreira do Roger, na forma esférica (A) e irregular (B) e bastonada (C).....	82
Figura 25: A – Geodo de calcita. B – No bloco de calcário ocorrem fitas de dissolução.	83
Figura 26: As imagens A e B indicados por uma seta vermelha apontam tubos de Thalassinoides de vários tamanhos. Thalassinoides ocorrem por toda a pedreira principalmente nas litofácies margosa.....	84
Figura 27: Distribuição estratigráfica dos Nanofósseis Calcários.....	86
Figura 28: Correlação da diversidade com os biozoneamentos existentes.....	94

LISTA DE SIGLAS

CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CIGRA	Companhia Industrial Gramame
CIMPOR	Cimentos de Portugal (antiga CIMEPAR: Companhia Paraíba de Cimento)
CIPASA	Cimento Poty Paraíba (hoje conhecida como fábrica de cimento Votorantim)
CTG	Centro de Tecnologia e Geociências
DGEO	Departamento de Geologia
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo Geral	17
1.2	Objetivos Específicos	17
1.3	Justificativa.....	18
2	ÁREA DE ESTUDO	19
2.1	A Bacia Sedimentar da Paraíba.....	21
2.1.1	Formação Beberibe	24
2.1.2	Formação Itamaracá	25
2.1.3	Formação Gramame	25
2.1.4	Formação Maria Farinha	29
2.1.5	Formação Barreiras	30
3	PALEONTOLOGIA E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO GRAMAME	32
3.1	Paleontologia da Formação Gramame.....	32
3.1.1	Flora	35
3.1.2	Fauna dos Invertebrados	35
3.1.3	Fauna dos Vertebrados.....	39
3.2	Microfósseis: Nanofósseis Calcários.....	41
3.2.1	Composição e Morfologia.....	42
3.2.2	Ocorrência e Preservação.....	45
3.2.3	Um breve histórico dos Nanofóssies Calcários na Formação Gramame da Bacia da Paraíba.....	47
3.3	Facies /Paleoambientes da Formação Gramame	48
3.4	Idade da Formação Gramame	52
4	MATERIAIS E MÉTODOS	55
4.1	Material.....	55
4.2	Métodos.....	57
4.2.1	Levantamento bibliográfico da Bacia do Paraíba	57
4.2.2	Atividades de campo.....	57
4.2.3	Preparação e Identificação	59
4.2.4	Tratamento dos nanofósseis calcários.....	60
5	RESULTADOS	62

5.1	Paleontologia da Pedreira do Róger	62
5.2	Sistemática Paleontológica	65
5.3	Estratigrafia e Litofácies da Pedreira do Róger	80
5.3.1	Estruturas sedimentares diagenéticas na Pedreira do Roger	82
5.3.2	Icnofósseis e Icnofauna da Formação Gramame	83
5.4	Bioestratigrafia dos Nanofósseis Calcários da Pedreira do Roger	85
6	PALEOECOLOGIA E VARIAÇÕES DO PALEOAMBIENTE NA PEDREIRA DO ROGER	88
6.1	Ambiente Marinho de Plataforma Profundo a Intermediário	90
6.2	Transição entre o Marinho Profundo e o Marinho Raso	91
6.3	Ambiente Marinho Raso	91
6.4	Bioestratigrafia dos Nanofósseis Calcários por Biozona	93
6.5	Relação dos Macrofósseis Fósseis com Nanofósseis Calcários	95
7	CONCLUSÃO	96
7.1	Recomendações	97
	REFERÊNCIAS	98
	APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS DE NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS ..	109
	APÊNDICE B - ESTAMPAS	114

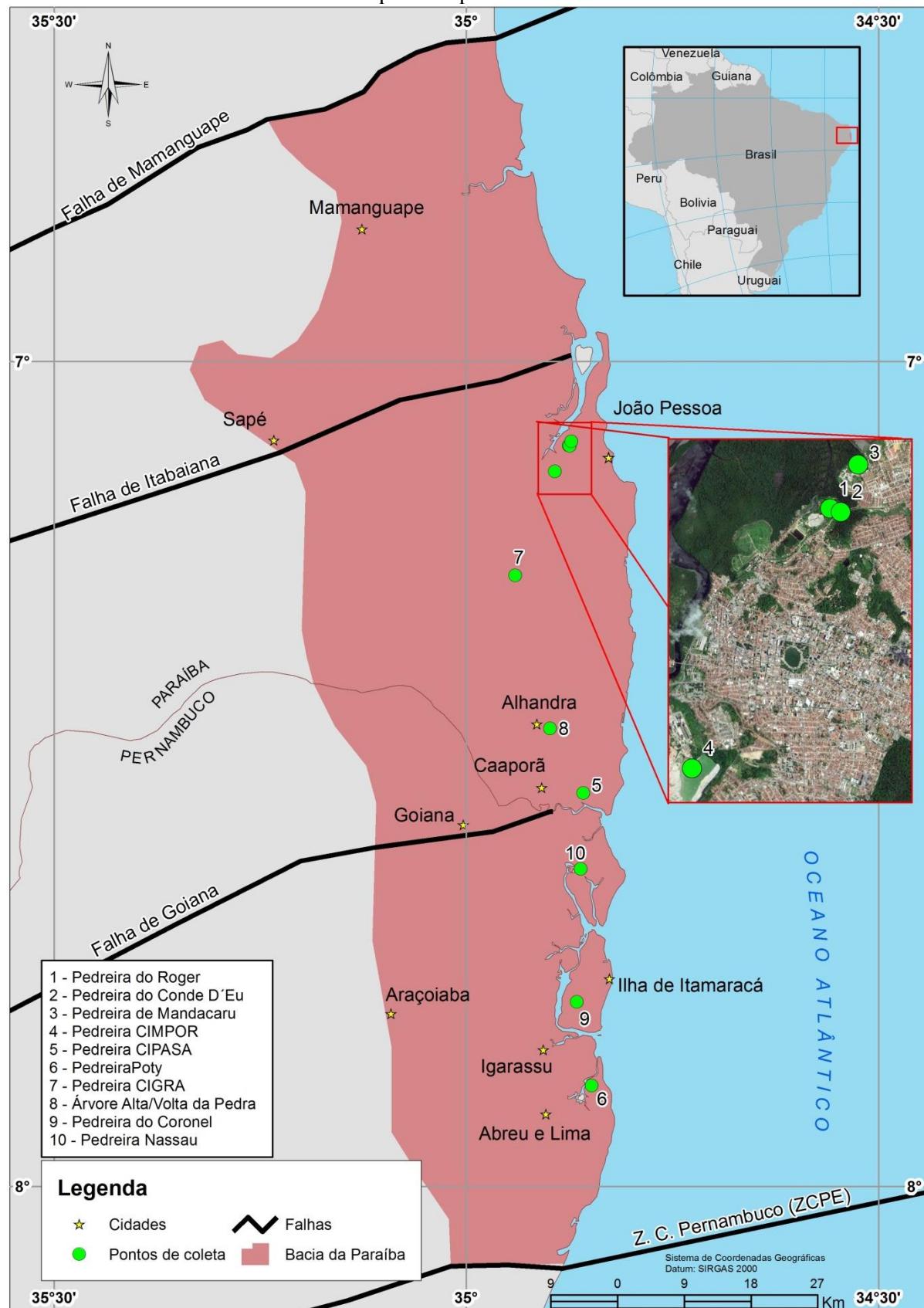
1 INTRODUÇÃO

A Bacia da Paraíba desempenha um importante papel para elucidar a história do Atlântico Sul, uma vez que integra o sistema de bacias marginais do leste sul-americano tendo sido a última porção a se separar durante a fragmentação do Gondwana (BARBOSA, 2004 e 2006; LIMA FILHO et al., 2006). De acordo com levantamento bibliográfico, nota-se um grande número de publicações relativo à estratigrafia das formações Gramame e Maria Farinha (SANTOS, 1928; BEURLEN, 1963; BEURLEN, 1966; BEURLEN, 1967a; MABESOONE, 1988b; LIMA FILHO, FEIJÓ, 1994; 1998a; BARBOSA et al., 2003; BARBOSA, 2004; BARBOSA et al., 2005; EBENÉZER, 2006; BARBOSA, 2007, CÓRDOBA et al., 2007) e também em relação a paleontologia (MENDES, 1962; BEURLEN, 1967b; MAURY, 1930; MUNIZ, 1993 e 1979; MABESOONE, 1991; SILVA, 2007; SOBRAL, 2011). No entanto, percebem-se poucos trabalhos relacionados à coleta de fósseis com controle estratigráfico de modo a relacionar a associação fossilífera de macrofósseis no sentido horizontal (correlações com outras pedreiras) e vertical (como as faunas e paleoambientes foram se modificando ao longo do tempo).

No estado da Paraíba é observado um grande número de pedreiras e afloramentos de calcários da Formação Gramame, que poderiam atuar como facilitadores para a coleta de fósseis e o levantamento de seções estratigráficas, por apresentar excelentes exposições das rochas e fósseis. Segundo o Paraíba Total (2012), o Estado da Paraíba é possuidor de um dos maiores conjuntos de jazidas de rochas calcária do país, sendo o segundo produtor de cimento do Nordeste.

Das pedreiras estudadas, as mais notáveis na literatura, pelo potencial fossilífero, são: 1) CIGRA (Companhia Industrial Gramame), localizada na fazenda Santa Alexandrina nas proximidades do Rio Gramame no município do Conde-PB; 2) Árvore Alta, 3) Volta da Pedra, e 4) Votorantim (fazenda Garapú) localizadas no município de Alhandra-PB; 5) Coronel, na Ilha de Itamaracá; 6) Roger e 7) Mandacaru em João Pessoa-PB; 8) CIMPOR - Cimentos de Portugal - (antiga CIMEPAR: Companhia Paraíba de Cimento) na Ilha do Bispo, João Pessoa-PB; 9) CIPASA - Cimento Poty Paraíba - (hoje conhecida como fábrica de cimento Votorantin), localizada no município de Caaporã-PB; 10) NASSAU, Goiana – PE; e; Ponta do Funil, PE; e 11) POTY, em Paulista-PE; essa última, apresentando a melhor exposição de rochas e fósseis das eras Mesozoica e Cenozoica da América do Sul (Figura 1).

Figura 1 - Principais pedreiras que ocorrem na Formação Gramame da Bacia da Paraíba apontadas na literatura pelo seu potencial fossilífero.



Fonte: O Autor.

Oliveira (2014) elaborou perfis estratigráficos na Pedreira do Roger em João Pessoa, e observou a presença de amonóides (*Parapachydiscus*), bioturbações (*Thalassinoides*), coprólitos, nódulos de pirita e de calcita. De acorodo com o mesmo, foi concluído que durante o processo de deposição da Formação Gramame nesse compartimento da bacia, o ambiente correspondia a uma Plataforma Marinha Média, em forma de uma rampa suave (ambiente com coluna de água longe da praia, funde de mar). Esta mesma pedreira trabalhada por Oliveira (2014), é o foco deste trabalho.

Na intenção de estudar de forma mais detalhada os macrofósseis da Formação Gramame, esta pesquisa realizou trabalhos de coleta com controle estratigráfico, estudos taxonômicos e paleoecológico na intenção de obter informações sobre paleoambientes da Formação Gramame na Pedreira do Roger, João Pessoa, PB. Também foram estudados nanofósseis calcários em alguns níveis estratigráficos da pedreira para controle bioestratigráfico, comparação e inferências paleoambientais.

1.1 Objetivo Geral

Realizar estudo taxonômico e paleoecológico dos macrofósseis na Pedreira do Roger, João Pessoa, Formação Gramame, para o entendimento das associações faunísticas durante as variações do nível relativo do mar no Maastrichtiano da Bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar trabalhos de campo na Pedreira do Roger, em João Pessoa, buscando levantar informações sedimentológicas, estratigráficas e paleontológicas, a partir da coleta controlada de macrofósseis;
- Obter dados paleoecológicos da fauna identificada na Pedreira do Roger;
- Identificar as possíveis variações da paleobatimetria na história da Bacia da Paraíba, ao longo do Maastrichtiano, na área de estudo.
- Analisar o conteúdo micropaleontológico de nanofósseis calcários, levantar dados de bioestratigrafia (biozonas), para controle da posição estratigráfica da Pedreira do Roger na Formação Gramame e, comparação com as inferências paleoambientais sugeridas pelos macrofósseis.

1.3 Justificativa

A Formação Gramame da Bacia da Paraíba vem sendo estudada por diversos pesquisadores há mais de um século isso devido a sua profusão em macrofósseis de invertebrados e vertebrados (WILLIAMSON, 1868; BRANNER, 1889; BRANNER, 1902; MAURY, 1930; MUNIZ, 1993; SILVA, 2007; SOBRAL, 2011). Diante deste pressuposto, muitos são os trabalhos estratigráficos e paleontológicos desta formação, mas poucos são os trabalhos com controle estratigráfico na coleta de fósseis.

Por este viés, este trabalho se justifica como uma oportunidade de testar possíveis informações relacionadas aos macrofósseis e microfósseis que possam contribuir para o conhecimento da Formação Gramame, permitindo uma compreensão mais verticalizada das variações do nível relativo do mar ao longo do Maastrichtiano.

2 ÁREA DE ESTUDO

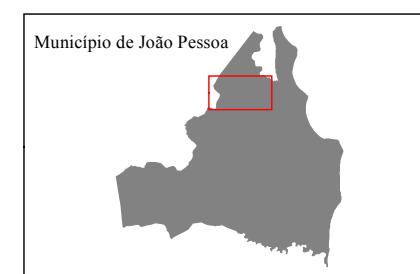
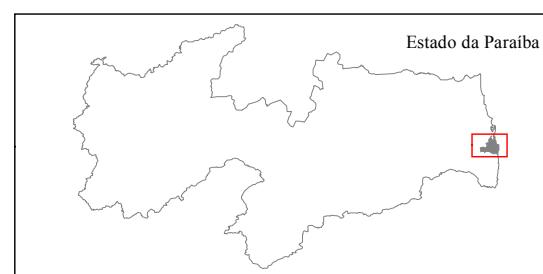
Geograficamente a área de estudo encontra-se localizada no bairro do Róger no município de João Pessoa-PB. Esse mesmo bairro fica às margens do centro histórico da cidade de João Pessoa, ponto inicial para quem pretende se deslocar para este destino. A Pedreira do Roger possue duas frentes de exploração e fica a oeste da antiga Pedreira do Conde d'Eu, que hoje funciona como uma estação de tratamento de esgoto da CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba). Há uns dois quilômetros da Pedreira do róger, em sua porção sudeste, encontra-se um presídio conhecido como presídio do Róger (Figura 2).

O presente trabalho foca a Pedreira do Roger em João Pessoa que, segundo Pessoa (2012), a atividade extrativista de calcário foi de extrema importância para a construção do bairro do Roger, casas, igrejas e outras contruções do centro histórico da cidade de João Pessoa.

De acordo com a classificação de Köppen, que se baseia em critérios de temperatura e distribuição zonal da precipitação, a área de estudo encontra-se sob o domínio do clima Tropical chuvoso com estação seca de verão (As') e sua média anual é de 25°C. A vegetação da área apresenta-se de foram variada, sendo a Mata Atlântica e a Floresta Paludosa (manguezal) as predominantes. Do ponto de vista geomorfológico a Pedreira do Roger encontra-se sob os Baixos Planaltos Costeiros, localizado a retaguarda da Baixada Litorânea (CARVALHO, 1982).



Figura 2: Mapa de localização da Pedreira do Roger.



2.1 A Bacia Sedimentar da Paraíba

A bacia sedimentar da Paraíba desempenha um importante papel para elucidar a história do Atlântico Sul, uma vez que integra o sistema das bacias marginais do leste sul-americano tendo sido a última porção a se separar durante a fragmentação do Gondwana (BARBOSA, 2004 e 2006; LIMA FILHO et al., 2006; FEIJÓ, 1994). A bacia possui uma porção emersa com uma largura média de 15 a 20 km, com uma área aproximada de 8.000 km², e outra oceânica, com uma largura máxima de 60 km, com área de cerca de 3.000 km² no Platô de Pernambuco na região de Recife (Figura 3).

A Bacia da Paraíba encontra-se como uma rampa estrutural suavemente inclinada para leste. Comparada com as bacias adjacentes, nota-se uma grande diferenciação em sua evolução estrutural como, por exemplo, as bacias Pernambuco e Potiguar. Do ponto de vista geográfico/geológico a Bacia da Paraíba acha-se compreendida entre o Alto estrutural do Mamanguape, que é uma das ramificações do Lineamento de Patos (ao norte de João Pessoa) e o Lineamento de Pernambuco nas proximidades de Recife, estando ela compartimentada em três sub-bacias: Miriri, Alhandra e Olinda (BARBOSA et al., 2003; BARBOSA, 2004; BARBOSA et al., 2005).

De acordo com Lima Filho (1998) a área da Bacia da Paraíba apresenta uma espessura de depósitos sedimentares em torno de 300 metros na linha de costa, não havendo grábens profundos como na Bacia de Pernambuco. Tal discrepância foi reconhecida quando um poço perfurado na linha de costa de Pernambuco indicou uma espessura sedimentar superior a 3000 metros e um estilo estrutural típico de uma bacia rift de margem passiva (figura 3).

Historicamente, a Bacia da Paraíba e a Bacia de Pernambuco eram conhecidas como uma única bacia, denominada de Bacia Pernambuco-Paraíba (ASMUS e CARVALHO, 1978; RAND e MABESOONE, 1982; MABESOONE e ALHEIROS, 1991; FEIJÓ, 1994; MABESOONE 1996). Porém, trabalhos que surgiram posteriormente (LIMA FILHO 1996, 1998a, 1998b; BARBOSA et al., 2003 e 2007; BARBOSA e LIMA FILHO, 2005 e 2006; BARBOSA 2004 e 2007), concluíram que a Bacia de Pernambuco-Paraíba possui formas estruturais distintas, ressaltando a importância de tratá-las separadamente, e assim considerar: Bacia da Paraíba e Bacia de Pernambuco (Figuras 3 e 4).

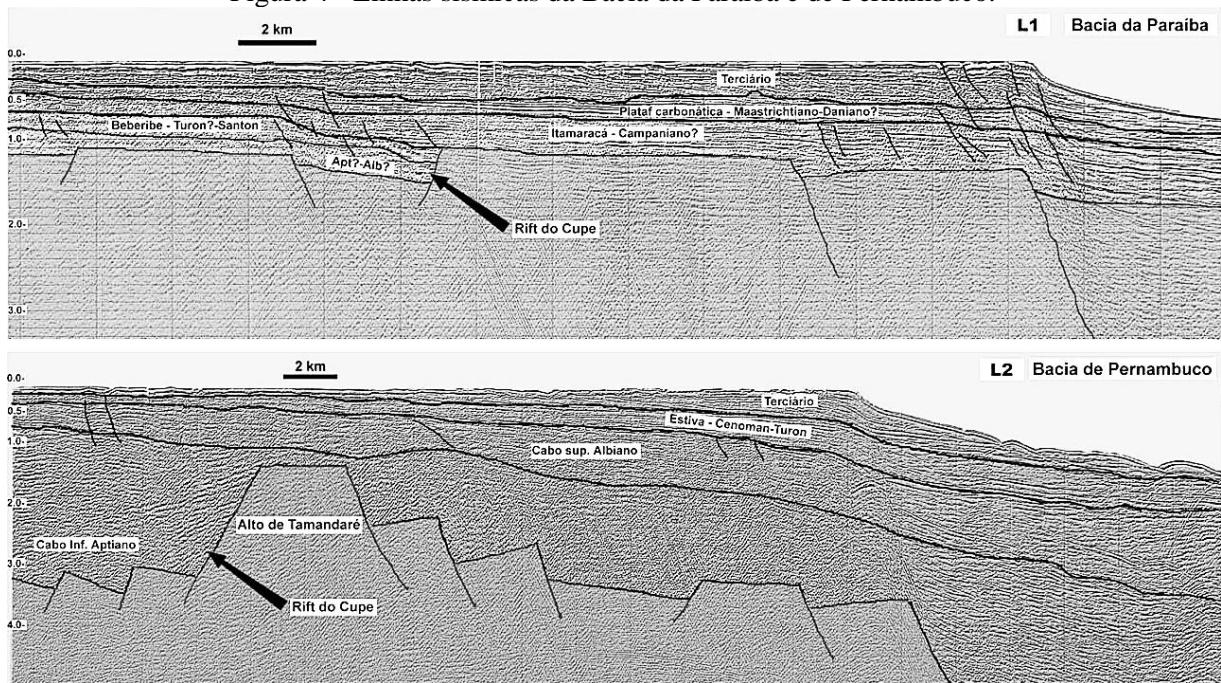
Figura 3 - Mapa de localização da Bacia da Paraíba apresentando suas sub-bacias: Miriri, Alhandra e Olinda. Ao norte da bacia encontra-se a Plataforma de Natal e ao sul da mesma a Bacia de Pernambuco.



Fonte: Modificado de Barbosa e Filho (2006).

De acordo com Barbosa et al., (2005) a Bacia da Paraíba sofreu uma evolução tardia a partir de um processo de estiramento crustal, não evoluindo para uma bacia *rift* típica. De modo que seu preenchimento sedimentar teve início provavelmente no Cretáceo Superior, diferindo das demais bacias marginais. A origem e evolução da Bacia da Paraíba estão intrinsecamente ligadas aos fenômenos da deriva continental, separação dos continentes sul-americana e a formação do oceano Atlântico (SOUZA, 2006).

Figura 4 - Linhas sísmicas da Bacia da Paraíba e de Pernambuco.

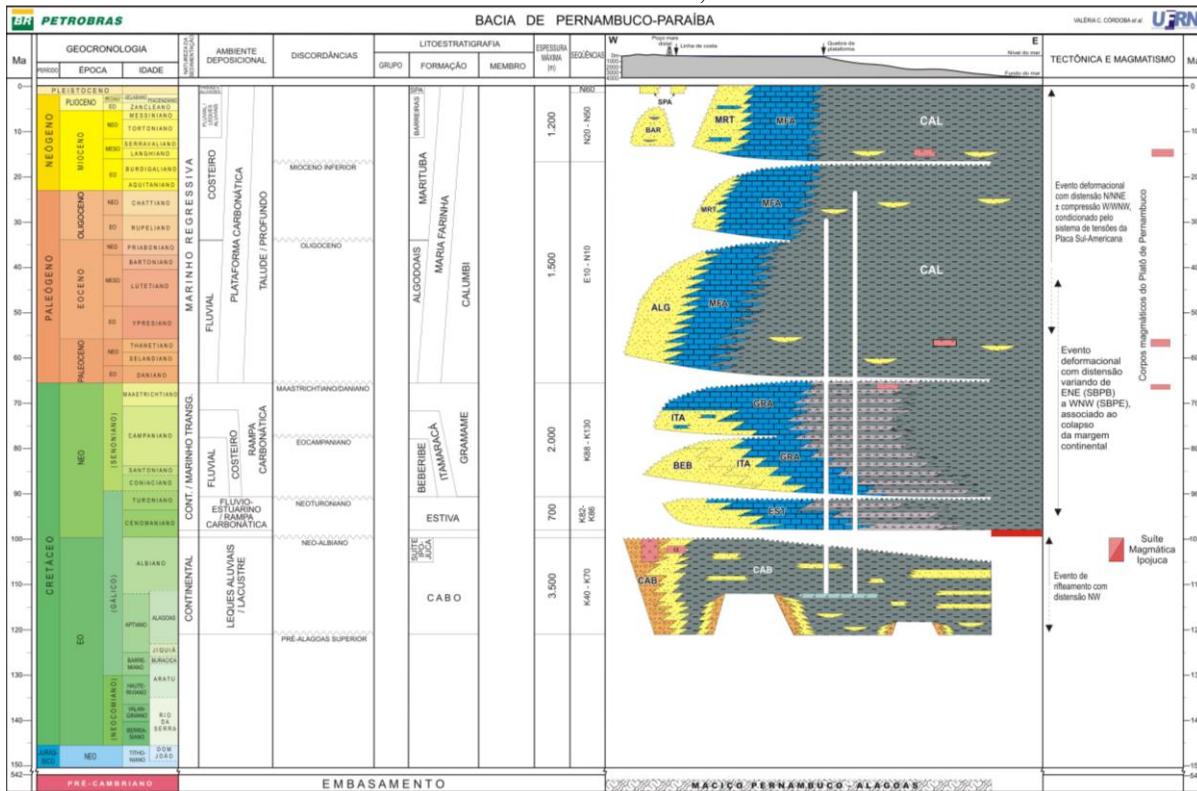


Fonte: Modificado de Barbosa et al., (2005).

A litologia da Bacia da Paraíba (figuras 4 e 5), versa um conjunto de mosaicos, construídos de forma paulatina por diversos autores, de modo que, ela é constituída por seis unidades litológicas: Formação Beberibe (BEURLEN 1967a 1967b); Formação Itamaracá (KEL 1957; BEURLEN 1967a 1967b); Formação Gramame (MAURY 1930; MUNIZ 1993); Formação Maria Farinha (MAURY 1930; TINOCO 1971; MUNIZ 1993); Formação Tambaba (FILHO et al., 2015) e Formação Barreiras (MABESOONE et al., 1998).

A Bacia da Paraíba é composta por arenitos de origem fluvial a flúvio-lacustre (Fm. Beberibe – Santoniano), depósitos de ambiente trasicional (Fm. Itamaracá – Neo-Campaniano – Eo-Maastrichtiano), carbonatos de plataforma rasa (Fm. Gramame – Maastrichtiano e Fm. Maria Farinha – Paleoceno – Eoceno?), além de depósitos do Neógeno e Quaternário (FILHO, 2015).

Figura 5 - Carta estratigráfica para a porção emersa da Bacia Pernambuco-Paraíba com registro das unidades da nas sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri.



Fonte: Córdoba et al., 2007.

2.1.1 Formação Beberibe

O primeiro autor a utilizar o termo Formação Beberibe foi Kegel (1957), ao descrever uma camada fossilífera intercalada em areias argilosas cretáceas, aflorantes no rio Beberibe, estando a oeste de Recife. Este autor classificou essa formação como um membro da Formação Itamaracá.

Segundo Mabesoone (1966) a Formação Beberibe era entendida como três fácies, de modo que a mais extensa era a fluvial, representada por arenitos médios até conglomeráticos, mal selecionados com grãos subangulares até subarredondados. A segunda fácie era a estuarina restrita a zona atual da costa exibindo arenitos brancos com grão arredondados. E a terceira, a lagunar, possuía uma série de sedimentos siltíticos fossilíferos. Posteriormente Beurlen (1967a) passa a utilizar o termo Beberibe ao invés de membro.

De acordo com Lima Filho et al., (1998c) a sedimentação da Formação Beberibe se deu por um evento tectônico-magmático no final do Turoniano que teria movimentado o trecho localizado a norte do lineamento de Pernambuco permitindo a sedimentação de clásticos grossos, seguida de uma grande transgressão vindas do Atlântico Equatorial, de idade

maastrichtiana responsável pela deposição da Formação Gamame. Quanto a espessura da Formação Beberibe, Barbosa et al., (2003) afirmam que ela possui em torno dos 200 metros, compondo arenitos não calcíferos da porção basal da bacia.

2.1.2 Formação Itamaracá

O termo Itamaracá foi utilizado pela primeira vez por Kegel (1953), para distinguir um arenito grosso calcífero com uma abundante fauna marinha de idade cretácea (Senoniano superior). Kegel (1955b) distingui para a formação duas fácies psamíticas interdigitadas: fácies marinhas (composta por arenito calcífero com restos de moluscos) e fácies continental (constituída por arenito friável, não calcífero, por vezes conglomerático, com plantas carbonificadas e um grande teor de feldspato ou caulim).

Beurlen (1967) propõe a extinção da Formação Itamaracá, incluindo-a na Formação Gramame. Mas Mabesoone e Tinoco (1971) ao revisarem a sequência calcária da bacia, retornaram ao termo de Formação Itamaracá, referente aos arenitos calcíferos. Tinoco (1976) e Muniz (1993) apontaram uma espessura de 80 metros para a esta mesma formação.

Segundo Kegel (1955a); Oliveira e Andrade Ramos (1956) e Oliveira et al., (2003) a Formação Itamaracá é representada por arenitos creme ou cinzentos e siltitos, com níveis de calcarenitos e arenitos calcíferos fosfáticos com fósseis de origem marinha, cuja sedimentação efetuou-se em ambiente marinho próximo à costa.

Almeida (2007) ressalta que o conteúdo fossilífero do nível fosfático é bastante diversificado, encerrando uma malacofauna de características bastante peculiares, devido ao tamanho atrofiado de bivalvios e gastrópodos, de modo que tal malacofauna merece um amplo estudo sistemático e de caráter paleoambiental.

2.1.3 Formação Gramame

O termo “Formação Gramame” foi usado pela primeira vez por Oliveira (1940), para designar todos os sedimentos cretáceos da região costeira paraibana. Mabesoone e Oliveira (1991) já datavam a Formação Gramame com idade Maastrichtiana. Santos (1928) ao estudar os calcários do estuário do Rio Paraíba e seus arredores, realizou uma análise química em 10 pedreiras: 1 – Pedreira João de Brito; 2 – Pedreira do Roger; 3 – Pedreira Albano; 4 – Pedreira João Freie; 5 – Pedreira Cocota; 6 – Pedreira Fialho; 7 – Pedreira Eudócio; 8 –

Pedreira da Graça; 9 – Pedreira da Ribeira de Cima, Ribeira de Baixo e da Ilha de Marques; 10 – Pedreira da Ilha do Tiriry. O estudo químico das pedreiras realizadas por Santos (1928) contribuiu para a ampliação das pesquisas referente a Formação Gramame.

Oliveira e Ramos (1951) ao estudarem os problemas estratigráficos da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, apontavam a existência de uma camada-guia, conhecida como “calcário vidro”, que se estende de Recife até a Ilha de Itamaracá. E que depois reaparece na Paraíba, porém com menos características e que, na região da praia torna-se arenoso, sendo substituído por um arenito calcífero de granulação muito fina (KEGEL, 1955b).

Kegel (1957) mensura a espessura da Formação Gramame em 40 metros. Já Muniz (1993) infere próximo dos 60 metros. Posteriormente Oliveira et al., (2003) afirmaram que em determinadas localidades ela pode atingir até 100 metros. No que tange a sua distribuição sobre o espaço geográfico, ela se estende por toda a Bacia da Paraíba (BARBOSA, 2007).

Mabesoone (1967) descreveu a Formação Gramame como possuindo duas fases principais: uma primeira transgressiva e uma segunda de bacia ou pelo menos de uma estabilidade relativa com uma certa profundidade, talvez de plataforma continental.

Mabesoone e Tinoco (1968), ao estudarem a geologia da faixa sedimentar costeira de Pernambuco-Paraíba afirmou que sua sequência se iniciava com arenito calcífero até calcarenitos, em passagem gradativa. O conteúdo em grãos de quartzo diminui assim para cima, até desaparecer quase totalmente. De modo que vai aumentando o conteúdo fóssil de maneira tal que pode até existir lumachelas. Desta forma o conteúdo sedimentológico permitiu determinar um ambiente metalitoral com correntes fortes para a sua deposição.

Ao realizar uma revisão da sedimentação fosfática de Pernambuco e Paraíba, Menor, Dantas e Sobrinho (1977) afirmaram que a Formação Gramame, que é constituída essencialmente por calcários, é subdividida em 3 fácies. De modo que na base, dominam calcários arenosos muito fossilífero e o fosforito, constituindo respectivamente as fácies marinhas supramesolitoral e fosfática, que se interdigitam. A sedimentação calcária suprajacente, onde dominam os biomicrititos argilosos, constitui a fácie marinha calcária. Desta maneira, Menor; Dantas e Sobrinho (1977) já apontavam que a Formação Gramame representa a instalação definitiva do regime transgressivo, completando a sequência sedimentar positiva que caracteriza o Cretáceo.

Menor; Dantas e Sobrinho (1977) apontaram a espessura da Formação Gramame para 55 metros, dos quais mais de dois terços são constituídos por calcários cinzentos, mais ou

menos argilosos, com intercalações de níveis de margas e argilas, cinzentas. Na base os calcários são dolomíticos, tornando-se gradualmente cárnicos para o topo da sequência, onde são puros.

Muniz e Ramires (1977) colocam que os calcilutitos cíntenos e menos fossilíferos, intercalados com argilas calcárias intensamente bioturbadas são caracterizadas pela presença recorrente de *Thalassinoides*, geradas por escavações de crustáceos. De modo que estes calcilutitos estão expostos em minas entre João Pessoa e Recife, sendo muito usados na construção civil e indústria de cimento. Exposições dessa natureza podem ser vistas nas Pedreiras Poty (Paulista – PE), Itapessoca (Ilha de Itapessoca – PE), CIPASA (Caaporã – PE), Cimepar – Atual Cimpor – João Pessoa e naturalmente na Ponta do Funil (Barra de Catuama – PE).

Ao estudar os carbonatos, microfácies e os paleoambientes da Formação Gramame e da Formação Maria Farinha, Muniz e Ramires (1977), elaboraram um modelo deposicional diagenético. Estas microfácies foram interpretadas como resultantes da deposição em uma extensa plataforma aberta.

Lima Filho, Guimarães e Koustsoukos (2000) elaboraram um modelo paleoecológico ao descrever e debaterem a icnofauna fóssil encontrada em afloramento da Formação Gramame.

Muniz (1993); Fauth e Koustsoukos (2002) afirmaram que os calcários da Formação Gramame representam a instalação na Bacia da Paraíba de ambientes de plataforma carbonática rasa. Sendo que Barbosa et al., (2005) ainda apontam que pode chegar até tratos de mar alto.

Barbosa (2004) mapeia afloramentos de calcário na região costeira entre Recife e João Pessoa, de modo que o mesmo pode ser verificado no mapa trabalhado por Beurlen (1967) ao apontar as parte das litologias da Bacia da Paraíba, em que ressalta que o capeamento da Formação Gramame pela Formação Maria Farinha fica restrita a uma faixa estreita litorânea entre Recife e Goiana, refletindo em uma regressão no fim do Maastrichtiano e uma extensão muito reduzida do mar.

Mabesoone (1966) já afirmava que a Formação Gramame possuía três tipos faciológicos (fácies litorâneas na base representando uma transgressão marinha, apontando uma transição gradativa da areia da praia – arenito – calcário com fósseis – lumachela). Segundo o mesmo, essa fácie passa gradualmente à fácie calcária, composta de calcários argilosos com muitos microfósseis.

A Formação Gramame é composta por calcários homogêneos de idade Maastrichtiana. Suas camadas são de granulometria fina com intercalações argilosas e intensamente bioturbadas. Na visão microscópica, os calcários são biomicríticos formados quase que exclusivamente por foraminíferos planctônicos. A sua análise sedimentológica indica a deposição em águas mornas e calmas, em profundidades moderadas abaixo do nível base de ondas (MABESOONE, 1996 e 1998).

Lima (2002) estudando as pedreiras da Formação Gramame, CIMEPAR, CIPASA, NASSAU e POTY, caracterizou suas rochas, constituindo-se na alternância das litofácies *Mudstone/Wackestone* argiloso (M/Wa) e *Mudstone/Wackestone* (M/W). Sendo suas litofácies individualizadas pela quantidade relativa de argila.

Mudstone/Wackestone Argiloso (M/Wa) são camadas tabulares centimétricas e decimétricas, de cor cinza escuro, com topo e base irregulares devido a intensa bioturbação. Ocorrem macrofósseis, nódulos de pirita e concreções carbonáticas. O teor de argila é elevado. Apresentam-se como feições negativas no afloramento. Os principais macrofósseis são os moluscos e também podem ocorrer restos de peixes (LIMA, 2002).

Mudstone/Wackestone (M/W) são camadas tabulares decimétricas a métricas, de cor cinza claro, com topo e base irregulares devido da intensa bioturbação ou topo gradado para *Mudstone/Wackestone* (M/W) Argiloso. Maciço intensamente bioturbado, com macrofósseis, nódulos de pirita, concreções carbonáticas e fraturas preenchidas por calcita. O teor de argila é reduzido. Apresenta-se como feição positiva no afloramento. Os principais macrofósseis são moluscos podendo também ocorrer restos de peixe e vegetal (LIMA, 2002).

Lima (2002) observou nas pedreiras estudadas, a ritmicidade entre os dois tipos litológicos, individualizado apenas pela quantidade relativa de argila. Pois a reduzida quantidade de argila confere as litofácies M/W uma maior resistência ao intemperismo, constituindo assim uma feição positiva no afloramento. No entanto, a elevada quantidade de argila na M/Wa confere uma menor resistência ao intemperismo, apresentando-se assim como uma feição negativa. Eventualmente são encontradas feições côncavas semelhantes a canais. Tais feições apresentam base erosiva e estão preenchidas pelas litofácies M/W e M/Wa.

Das estruturas sedimentares biogenéticas das pedreiras estudadas por Lima (2002) – (CIMEPAR, CIPASA, Nassau e Poty), as bioturbações são muito abundantes nas duas litofácies, porém são observadas mais facilmente nas litofácies M/Wa. Essas bioturbações são atribuídas aos icnogêneros *Thalassinoides* e *Phycosiphon*. Sobre as estruturas sedimentares inorgânicas diagenéticas destacam-se as fitas de dissolução. Tais feições são encontradas na

litofácies M/W e caracterizam por porções centimétricas e decimétricas de rocha original circundada por níveis argiloso centimétricos, resultando em aspecto nodular ou brechado. As fitas de dissolução são formadas pela dissolução da fração carbonática (material solúvel) e pela consequente concentração de argilominerais (material insolúvel), sendo associado a processos de compactação química (LIMA, 2002).

2.1.4 Formação Maria Farinha

Rathbun (1875) já havia tratado sobre a Formação Maria Farinha, só que informalmente denominando de: Maria Farinha, São José, Nova Cruz e Itamaracá. Oliveira (1940) foi o pioneiro a utilizar o termo ‘Formação Maria Farinha’ como unidade litoestratigráfica, de modo que Oliveira e Leonardo (1943) confirmaram. Nos estudos desta formação, Beurlen (1966) aponta que a Maria Farinha constitui uma série de calcários clásticos, fossilíferos que sofrem certo grau de diagênese. De modo que as camadas inferiores são quase calcários litográficos (o chamado calcário vídro). No meio, a maioria dos calcários foi fortemente dolomitizada, alcançando uma camada de 80% MgCO₃. Na parte superior os calcários mostram intercalações de camadas argilosas.

Mabessone (1967) ao tratar da sedimentologia da faixa costeira entre Recife e João Pessoa, justifica a ideia de separar esta sequência regressiva da invasão marinha entre o fim do Mesozoico e o início do cenozoico, não apenas por causa da idade paleocena com o seu respectivo conteúdo fóssil, mas devido ao caráter litológico desta unidade. Isso porque os calcários da Maria Farinha possuem caráter detritico, sendo que no perfil mais completo a parte não calcária aumenta de baixo para cima, evidenciando uma fase regressiva bem nítida. Porém, em nenhum lugar de ocorrência desta formação, foi encontrado qualquer depósito litorâneo, como foi o caso da transgressão na base da Formação Gramame. Pois esta sequência consiste em uns quatro grandes tipos de sedimentos calcários: em baixo calcários litográficos até sublitográficos (o chamado calcário vidro) e para cima principalmente calcários detriticos finos e puros, calcários detriticos bastante dolomitizados e no topo calcários detriticos argilosos e mesmo argilas calcárias. Essas camadas são bastante fossilífera tanto em macro quanto em microfósseis.

Menor, Dantas e Sobrinho (1977) apontam que a espessura da Formação Maria Farinha é de 35 metros, devido ao truncamento da sequência pela erosão pré-Barreira. Batista et al., (1984) no Léxico Estratigráfico do Brasil, realizaram um breve apanhado sobre a

Formação Maria Farinha apontando como localidade tipo a praia de Maria Farinha, ao norte de Olinda.

Para Barbosa et al., (2003) tanto a Formação Marinha Farinha como a Formação Gramame, mergulham suavemente para leste. A sua sequência constitui-se de forma incompleta e truncada pela erosão continental, de modo que ela é bastante fossilífera. Suas ocorrências se dão comumente na região de Goiana/Recife, na porção Sul da Bacia da Paraíba, devido à transgressão ter chegado mais tarde nessa região.

2.1.5 Formação Barreiras

A designação: Grupo Barreiras ou Formação Barreiras tem sido aplicada com acepção vaga para indicar sedimentos clásticos, pobres em conteúdo fóssil, de modo que se manifestam com cores vivas e variadas, mal consolidadas, que ocorrem quase ininterruptamente, aflorando ao longo da costa, desde o Amapá até o norte do Rio de Janeiro. Correspondem a arenitos, siltitos, argilosos e conglomerados, frequentemente lenticulares, formando falésias, em grandes trechos, principalmente no litoral nordestino (FURRIER, 2007).

Furrier (2007) argumenta que é muito comum a precipitação de óxi-hidróxido de ferro e alumínio nos sedimentos da Formação Barreiras, comumente observado nas falésias. De acordo com esse autor, essas concentrações formam níveis de ferricretes duros em vários patamares e, principalmente, na base das mesmas. Os ferricretes por apresentarem maior resistência a erosão, em alguns casos, formam terraços marinhos de abrasão e bancos rochosos, testemunhos de recuo erosivo das falésias pela ação das ondas.

De acordo com Santos (2011) a Formação Barreiras (ou Grupo Barreiras para alguns autores) foi à primeira unidade estratigráfica documentada no Brasil. Segundo Arai (2006) esta mesma formação chamou a atenção dos navegadores em 1500, por apresentar uma geomorfologia muito peculiar. Sua origem tem sido motivo de muitas discussões. Tradicionalmente, a unidade vinha sendo considerada como de origem continental, mas trabalhos recentes vêm mostrando evidências irrefutáveis de influência marinha, tanto de natureza paleontológica como sedimentológica. A datação palinológica e sua correlação com as unidades litoestratigráficas coevas das partes submersas das bacias da margem continental brasileira e das outras partes do planeta permitiram um estudo integrado sob a luz da Estratigrafia de Seqüência. Esta análise estratigráfica integrada, permitiu relacionar a origem

do Grupo Barreiras com a elevação eustática global que teve seu máximo na parte média do Mioceno, mais precisamente no intervalo do Burdigaliano ao Serravaliano (12 – 20 Ma).

A sedimentação do Barreiras *lato sensu* sofreu uma interrupção no Tortoniano (início do Neomioceno), quando houve um rebaixamento eustático global que ocasionou um extenso evento erosivo nas áreas emersas e a formação de cunhas fortemente progradantes na porção submersa das bacias submersas (*offshore*). Com a retomada da subida eustática no Plioceno (Zancliano, 4 – 5 Ma), depositou-se o segundo ciclo (Barreiras Superior). A erosão e o retrabalhamento do Grupo Barreiras no Quaternário devem ter sido responsáveis, em parte, pela atual configuração da plataforma continental (ARAI, 2006).

Segundo Furrier (2007) os sedimentos da Formação Barreiras depositam-se, de forma discordante, de oeste para leste sobre o embasamento cristalino e sobre as Formações Beberibe/Itamaracá, Formação Gramame e Maria Farinha. De modo que, de acordo com a carta topográfica de João Pessoa (1:100.000), em sua porção oeste, a Formação Barreiras repousa sobre a Formação Beberibe/Itamaracá. E que em sua porção centro leste da carta, repousa sobre as formações Gramame e Maria Farinha.

Gopinath Costa e Junior (1993) ao realizarem análises sedimentológicas da Formação Barreiras no Estado da Paraíba, concluíram que as fontes dos sedimentos seriam de granitos, xistos e gnaisses, que são litologias provenientes do Planalto da Borborema.

Os depósitos sedimentares da Formação Barreiras são entendidos como a evolução de um sistema fluvial desenvolvido em fortes gradientes e sob clima predominantemente árido e sujeito a oscilações (ALHEIROS et al., 1998).

3 PALEONTOLOGIA E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO GRAMAME

3.1 Paleontologia da Formação Gramame

A Formação Gramame é conhecida há mais de um século, por seu conteúdo fossilífero, representado por microfósseis (palinomorfos, nanofósseis calcários, foraminíferos, ostracodes), e macrofósseis de corais, moluscos (bivalves, gastrópodes e cefalópodes amonóides), anelídeos, crustáceos, equinodermatas, peixes (cartilaginosos e ósseos), répteis (mosassauros, pleisiossauros, crocodilos? e pterossauros), frutos de palmeiras e icnofósseis (coprólitos, diversos tubos de crustáceos e vermes marinhos), conforme pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1 - Esse quadro contém as principais publicações sobre os táxons estudados na Formação Gramame da Bacia da Paraíba.

Publicações dos macrofósseis da Formação Gramame, Bacia da Paraíba	
Táxons por Grupos	Autores
Bivalvios	
<i>Acesta paraibensis</i>	Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Atrina reginamaris</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Brasilicardium riogramamense</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Camptonectes (Camptonectes) moderatus</i>	Muniz (1993)
<i>Cardium rigramamense</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Cataceramus balticus</i>	Bohm (1907); Muniz (1993)
<i>Coelopis (Coelopis) brasiliensis</i>	Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Crassatella paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Cyprimeira paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Cyprimeira</i> sp.	Muniz (1993)
<i>Exogyra (Exogyra) gramamensis</i>	Muniz (1993)
<i>Fimbria beurleni</i>	Muniz (1993)
<i>Gastrochaena (Gastrochaen)</i>	Muniz (1993)
<i>Granocardium (Criocardium) paraibense</i>	Muniz (1993)
<i>Inoceramus (Edocostea) dominguensi</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Legumen brasiliense</i>	Muniz (1993)
<i>Leptosolen paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Linearia (Liothyris) brasiliensi</i>	Muniz (1993)
<i>Liopistha (Liopistha) riogramamensis</i>	Muniz (1993)
<i>Lithophaga (Lithophaga) paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Lopatina (Pseudocucullaeae) stantoni</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Mesolcallista (Mesocallista) Mauryae</i>	Muniz (1993)
<i>Neitheia (Neitheia) bexarensis</i>	Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Ostrea</i> sp.	Muniz (1993); Neste trabalho

<i>Pholadomya (Pholadomya) parahybensis</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Plicatula (Plicatula) parahybensis</i>	Maury (1930); Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Pseudolimea</i> sp.	Muniz (1993)
<i>Pycnodonte (Phygraea) vesicularis</i>	Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Sinomia paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Trigonarca freia</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Trigonarca isolada</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Trigonarca jessupae</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Venericardia (Venericardia) marisaustralis</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Veniella brasiliensis</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
Gastropoda	
<i>Anchura roxoi</i>	Muniz (1993); Oliveira? (1951)
<i>Bellifusus parvus</i>	Muniz (1993)
<i>Calyptraea paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Calyptaphorus itamaracensis</i>	Muniz (1993)
<i>Campaniele brasiliense</i>	Maury (1930); Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Cancellaria? Paraibensis</i>	Muniz (1993)
<i>Cerithiella (Cerithiella) pernambucensis</i>	Muniz (1993)
<i>Cerithium paraibense</i>	Muniz (1993)
<i>Euspira parahybensis</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Fusinus delicatus</i>	Muniz (1993)
<i>Keilostoma magna</i>	Muniz (1993)
<i>Mataxa paucilirata</i>	Muniz (1993)
<i>Mesalia garapuensis</i>	Muniz (1993)
<i>Mesalia priscilae</i>	Muniz (1993)
<i>Otostoma paraibense</i>	Muniz (1993)
<i>Paleopsephaea itamaracensis</i>	Muniz (1993)
<i>Pseudoliva bellecompta</i>	Muniz (1993)
<i>Pseudomalaxis? pauciornata</i>	Muniz (1993)
<i>Pterodonta? gramamensis</i>	Muniz (1993); Neste trabalho
<i>Pugnellus (Pugnellus) assisi</i>	Muniz (1993)
<i>Pyropsis axiornata</i>	Muniz (1993)
<i>Strombus? Latiaperturalis</i>	Muniz (1993)
<i>Trachytriton? pernambucense</i>	Muniz (1993)
<i>Turritella nordestensis</i>	Muniz (1993)
<i>Turritella antigona</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Turritella antigona itamaracaensis</i> subsp.	Muniz (1993)
<i>Turritella arethusa</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Turritella Bunnhilda</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Turritella</i> sp.	Muniz (1993)
<i>Turritella totiumsanctoru</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Volutoderma (Voluntoderma) brasiliensis</i>	Maury (1930); Muniz (1993)
<i>Volutomorpha</i> sp.	Muniz (1993)
<i>Woodsella? brasiliensis</i>	Muniz (1993)
Cefalópoda	

<i>Axonoceras cf. A. compressum</i>	Muniz (1993); Sobral (2011)
<i>Axonoceras pingue</i>	Muniz (1993); Sobral (2011)
<i>Diplomoceras cylindraceum</i>	Sobral (2011)
<i>Gaudryceras varicostatum</i>	Muniz (1993); Sobral (2011)
<i>Hauericeras</i> sp.	Muniz (1993); Sobral (2011)
<i>Pachydiscus (Pachydiscus.) jacquoti</i>	Sobral (2011); Neste trabalho
<i>Pachydiscus (Pachydiscus.) neubergicus</i>	Sobral (2011); Neste trabalho
<i>Pachydiscus</i> sp.	Lima (2002)
<i>Phylloceras (Hypophylloceras) surya</i>	Muniz (1993); Sobral (2011)
<i>Sphenodiscus lobatos</i>	Sobral (2011)
Decápoda	
<i>Ophthalmoplax brasiliiana</i>	Rathbun (1902); Maury (1930); Beurlen (1958) Neste trabalho
Equinoides	
<i>Hemaster</i>	Maury 1930; Almeida (2007); Lima (2002); Neste trabalho
Vertebrados	
Chondrichthyes	
<i>Cretolamna biauriculata</i>	Maury (1930); Oliveira e Silva Santos (1950) Silva (2007); Neste trabalho
<i>Hexanchus microdon</i>	Rebouças e Silva Santos (1956); Silva (2007)
<i>Hexanchus</i> sp.	Rebouças e Silva Santos (1956); Silva (2007)
<i>Rhombodus binkhorsti</i>	Silva (2007)
<i>Squalicorax pristodontus</i>	Maury (1930); Oliveira e Silva Santos (1950);
Osteichthyes	
<i>Enchodus elegans</i>	Silva (2007)
<i>Enchodus libycus</i>	Silva et al., (1995); Silva (2007)
<i>Enchodus oliveirai</i>	Maury (1930); Oliveira e Silva Santos (1950); Silva (2007)
<i>Palaeobalistum dossantosi</i>	Maury (1930); Silva (2007)
Reptilia	
<i>Elasmosauridae</i>	Carvalho et al., (1997b); Silva (2007)
<i>Globidens fraasi</i>	Price (1957); Carvalho et al., (1995a); Carvalho et al., (1995c); Carvalho (1996); Azevedo e Carvalho (1997); Carvalho e Azevedo (1998a); Silva et al., (2006); Silva (2007)
<i>Mosasaurus anceps</i> e <i>M. Beaugei</i>	Price (1953a); Price (1957); Carvalho et al., (1995a); Carvalho et al., (1995b); Carvalho et al., (1995c); Carvalho (1996); Azevedo e Carvalho (1997); Carvalho e Azevedo (1998a); Silva et al., (2006); Silva (2007)
<i>Nyctosaurus lamegoi</i>	Price (1953b); Silva (2007)
<i>Platecarpus</i> sp.	Carvalho (1996); Azevedo e Carvalho (1997); Carvalho e Azevedo (1998a)
Iconofósseis	
<i>Phycosiphon</i>	Lima (2002); Neste trabalho
<i>Thalassinoides</i>	Lima (2002); Almeida (2007)
Flora	

<i>Palmocarpon luisi</i>	Maury (1930)
--------------------------	--------------

Fonte: O Autor.

As pesquisas paleontológicas na Bacia da Paraíba se iniciaram em 1870, com a expedição de Morgan (Formação Maria Farinha) e com Branner em 1889 (Formação Gramame). Vários foram os trabalhos publicados referente à paleontologia da Formação Gramame, dentre os mais contundentes destacam-se (MAURY, 1930 e MUNIZ, 1993).

3.1.1 Flora

Maury (1930) descreveu dois frutos de palmeira (cocos) coletados na margem direita da Formação Gramame, na fazenda do Congo, onde atribui uma nova espécie denominada de *Palmocarpon luisi*. Segundo a autora, as palmeiras eram já abundantes durante o Cretáceo Superior.

3.1.2 Fauna dos Invertebrados

Williamson (1868) foi o pioneiro no âmbito das pesquisas paleontológicas na Bacia da Paraíba, onde analisou de forma pormenorizada as camadas cretáceas das vizinhanças de João Pessoa.

Em 1889, H. G. Summer, então superintendente da E. F. Conde d'Eu, realizou coleta de fósseis nas pedreiras próximas da cidade de João Pessoa e os entregou a John Casper Branner (1902) - geólogo norte-americano. Esses fósseis foram posteriormente enviados para especialistas, que resultou nas seguintes espécies identificadas: um crustáceo *Zanthopsis cretacea*, Mary Jane Rathbun; *Cimolichthys, sp.*, um peixe classificado por Samuel Wenell Williston, e um cefalópode *Sphenodiscus* descrito por James Perrin Smith, (BRANNER, 1902).

Maury (1930) reclassificou a espécie como *Zanthopsis brasiliiana*. Porém Beurlen (1958) ao estudar o Cretáceo Superior da Bacia da Paraíba, reclassificou o gênero descrito por Rathbun (1902) e reclassificado por Maury (1930), ficando *Ophthalmoplax brasiliiana* (Maury) e *Palaeoxanthopsis cretacea* (Rathbun) respectivamente. Neste âmbito o novo gênero adotado é *Palaeoxanthopsis*.

Maury (1930), ao realizar o trabalho mais completo referente à paleontologia da Formação Gramame da Bacia da Paraíba, descreveu uma abundante fauna de vertebrados e

invertebrados, principalmente de cefalópodes. Dos materiais de invertebrados estão: os crustáceos da espécie *Zanthopsis cretacea* Rathbun e a nova espécie *Zanthopsis brasiliiana*, os equinodermatas *Coelopleurus castroi* e *Pyrina parahybensis*; *Cyphosoma riograndensis* var. *parahybensis*, *Hemaster jacksoni* e a nova espécie *Henricia parahybensis*; os cefalopódos, compostos em sua totalidade por novas espécies, *Parapachydiscus parahybensis*, *P. dossantosi*, *P. gettyi*, *P. euzebioi*, *P. arionis*, *P. albuquerquei*, *P. brasiliensis*, *P. reedsi*, *P. eurydice*, *P. orpheus*, *P. bruneti*, *P. williamsoni*, *P. sumneri*, *P. poseidon*, *P. endymion*, *P. hermes*, *P. athena*, *P. psyche*, *P. hera*, *P. perseus*, *P. oceanus*, *Pseudophylites amphitrite*, *P. nereidideditus*, *Canadoceras riogramamense*, *C. andromeda*, *Sphenodiscus* sp., *S. brasiliensis*, *S. parahybensis*, *Glyptoxoceras brasiliense*, *G. parahybense* e *Glyptoxoceras* sp.; os moluscos *Tylostoma* cf. *materinum* White, e as novas espécies *Pinna regina-maris*, *Inoceramus dominguesi*, *Pecten gramamensis*, *Cypraea parahybensis*, *Volutomorpha brasiliensis*, *Eusebia stantoni*, *Trigonarca jessupae*, *Cucullaea isolda*, *C. freia*, *C. erda*, *Venericardia maris australis*, *Cardium riogramamense*, *Roudairia brasiliensis*, *Pholadomya parahybensis*, *Corbula lyra*, *Plicatula parahybensis*, *Natica parahybensis*, *Turritella totium-sanctorum*, *T. antigona*, *T. rethusa*, *T. brunnhilda* e *Cerithium (Campanile) brasiliense* (quadro 1).

Spath (1939 apud OLIVEIRA e ANDRADE RAMOS, 1956), posteriormente afirmou que os gêneros *Pachydiscus* e *Parapachydiscus* descritos por Maury (1930) são sinonímia, passando a ser figurados somente de *Pachydiscus*.

Oliveira e Santos (1950) fizeram uma descrição de fragmentos de um grande cefalópode do gênero *Pachydiscus*, o qual foi coletado no município da Ilha de Itamaracá em Pernambuco, na Pedreira do Presídio.

Duas novas espécies de crustáceos coletados na Pedreira de Massaranduba em Pontas de Pedra (Formação Gramame), são descritas por Beurlen (1962), sob os nomes: *Calianassa mottai* e *Calianassa massarandubae*.

Beurlen (1966) já apontava para a Formação Gramame três associações faunísticas bem diferentes: 1 – a fauna Alhandra-Itamaracá, caracterizada pela predominância de moluscos com conchas grossas (*Veniella*, *Pungnillus* e *Voluntidae*); 2 – a fauna das camadas fosfáticas, caracterizadas por conchas de moluscos, em geral, relativamente pequenas, com *Lucina*, *Plicatula* e principalmente uma grande variedade de gastrópodes (*Xenophora*, *Aporrhais*, *Helicaulax*, *Cypraeas*, etc); 3 – a fauna do calcário gramame, na qual predominam os grandes *Pachydiscus*, *Sphenodiscus* e *Pseudophyllites*, além de *Hemaster* e *Pinna*. Mesmo

diante desta variação fossilífera entre as camadas gramame, Beurlen (1966, p. 3) ressalta que as diferenças não documentam diferente idade estratigráfica, mas que refletem somente as variações ecológicas, reflexo de variação ambiental. As faunas citadas acima (1 e 2) são entendidas para esse contexto como associação litorânea da fase transgressiva, e a fauna 3 representa um ambiente nerítico com fundo lodoso.

Numa visão de afinidades paleobiogeográficas, quase todos os elementos da fauna indicam uma relação estreita com a costa da atlântica da África, como na fauna Beberibe, mas, além disso, encontram-se alguns elementos de procedência norte-americana (*Cypraea*, *Xenophora*, *Pachydiscus*, *Turritella* e *Trilira*). Atualmente, as associações 1 e 2 são incluídas na Formação Itamaracá e não mais na Formação Gramame (BEURLEN, 1966).

Beurlen (1967b) estudando a paleontologia da faixa sedimentar costeira entre Recife e João Pessoa concluiu que a associação fóssil estudada indicava um ambiente nerítico com uma relativa distância da costa. Isso por ter observado uma associação fóssil composta pela predominância de cefalópodes amonóides, com ocorrências de equinóides (*Hemimaster*), poucos gastrópodes e bivalvios, se destacando as espécies *Atrina regina-maris*, *Volutomorpha brasiliensis* e *Pyrazus brasiliensis*.

Muniz (1969) ao realizar coletas do gênero *Legumen* em João Pessoa-PB na Fazenda Santa Alexandrina, da Formação Gramame, verifica que esse fóssil se manifesta de forma pioneira no Brasil e talvez na América do Sul. O autor atribui o material a espécie *Legumen cf L. ellipticum*.

Muniz e Lima (1979) ao estudarem 16 espécies da malacofauna da Formação Gramame, caracterizadas por bivalvios e gastrópodes, duplicam o número de gêneros anteriormente descritos por Maury (1930), os quais estão representados pelas famílias: Pectinidae, Limidae, Inoceramidae, Ostreidae, Veneridae, Tellinidae, Fimbriidae?, Astartidae?, Poromyidae e Gastrochaenidae?. Os materiais estudados foram coletados em três afloramentos distintos: no município do Conde (Fazenda Santa Alexandrina), Alhandra-PB e Ilha de Itamaracá (Engenho Amparo).

Fernandes (1986) faz um registro inédito de ocorrência de corais em rochas da Formação Gramame no Conde-PB, na Fazenda Santa Alexandrina. Segundo o autor o exemplar estudado, corresponde a um molde interno de coral, sugerindo pertencer a família Caryophylidae.

Stinnesbeck, Ashraf e Perch-Nielsen (1991) apontam que a macrofauna da Formação Gramame é qualificada como muito abundante em espécies. De modo que até o momento

mais de 38 moluscos foram descritos na literatura, além de numerosos crustáceos, anelídeos, equinoides, corais, peixes, répteis e plantas.

Muniz (1993) realizou um estudo malacológico da fauna da Formação Gramame. Neste âmbito, o autor revisou as formas descritas por Maury (1930) e descreveu outras espécies fósseis. Ao total Muniz descreveu 34 espécies de moluscos, bivalvios (com um novo gênero, *Brasilicardium*), 35 espécies de gastrópodes e cinco espécies de cefalópodes. Entre os bivalvios estão: *Lopatina (Pseudocucullaeae) stantoni* (Maury); *Trigonarca jessupae* Maury, 1930; *Trigonarca isolada* (Maury); *Trigonarca freia*; *Lithophaga (Lithophaga) paraibensis* *Atrina Reginamaris* (Maury); *Inoceramus (Cataceramus) balticus* Bohm, 1907; *Inoceramus (Edocostea) dominguensi* Maury, 1930; *Camptonectes (Camptonectes) moderatus* *Neithea (Neithea) latericostata*; *Plicatula (Plicatula) parahybensis* Maury 1930; *Acesta paraibensis*; *Pseudolimea* sp.; *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis* (Lamarck); *Exogyra (Exogyra) gramamensis* *Ostrea* sp.; *Fimbria beurleni*; *Venericardia (Venericardia) marisaustralis* Maury, 1930; *Coelopis (Coelopis) brasiliensis* *Crassatella paraibensis* *Granocardium (Criocardium) paraibense*; *Cardium rigramamense*; *Brasilicardium riogramamense* (Maury); *Linearia (Liothyris) brasiliensis*; *Veniella brasiliensis*; *Mesolcallista (Mesocallista) Mauryae* *Cyprimeira paraibensis* *Cyprimeira* sp.; *Legumen brasiliense* sp. nov.; *Sinomia paraibensis* sp. nov.; *Gastrochaena (Gastrochaena) sp.*; *Pholadomya (Pholadomya) parahybensis* Maury, 1930; *Liopistha (Liopistha) riogramamensis*.

Os gastrópodes são: *Otostoma paraibense*; *Keilostoma magna*. *Mesalia priscilae* *Mesalia garapuensis* *Turritella antigona* Maury, 1930; *Turritella antigona itamaracaensis*; *Turritella Bunnhilda* Maury, 1930; *Turritella totiumsanctorum* Maury, 1930; *Turritella nordestensis* *Turritella* sp.; *Pseudomalaxis?* *Pauciornata Cerithium paraibense* *Campaniele brasiliense* Maury, 1930; *Cerithiella (Cerithiella) pernambucensis* *Calyptitraea paraibensis* *Anchura roxoi* Oliveira; *Pterodonta?* *gramamensis* *Pugnellus (Pugnellus) assisi*. *Calyptrophorus itamaracensis* *Strombus?* *Latiaperturalis*.; *Euspira parahybensis*; *Bellifusus parvus*.; *Paleopsephaea itamaracensis*.; *Fusinus delicatus*.; *Woodsella? brasiliensis* *Pyropsis axiornata*.; *Pseudoliva bellecompta* *Volutoderma (Voluntoderma) brasiliensis* (Maury); *Volutomorpha* sp.; *Cancellaria? paraibensis*.; *Mataxa paucilirata* (MUNIZ, 1993).

Almeida (2007) ao estudar a macrobioerosão na Bacia da Paraíba, entre o Cretáceo Superior e o Paleógeno, descreveu 36 icnotáxons, sendo 33 atribuídos 13 icnogêneros, um tratado como morfotipo não conhecido e dois como problemático. De modo, que sugere algumas revisões taxonômicas, nos icnogêneros *Vermiforichnus* e *Rogerella* e abandono de

termos de fósseis corporais, como *Siminizapfes*, *Zapfella*, *Brachyzapfes*, *Spathipora* e *Penetrantia*. O icnogênero *Cunctichnus* é retomado e tem sua distribuição estendida ao Eoceno inferior. *Vermiforichnus* também deve ter sua distribuição ampliada ao paleoceno. *Caulostrepsis* e *Entobia* revelaram fenômenos de aproveitamento de galerias, resultando em formas xenomórficas. *Entobia* é o icnogênero mais abundante e diversificado, com grande variabilidade. Diante deste pressuposto, as formas Problemáticas merecem estudos específicos e análise de suas relações com os substratos conchíferos.

Almeida (2007) verifica ocorrências de icnofósseis e estruturas de bioturbação (*Thalassinoides*), na Formação Gramame na cidade do Conde da Fazenda Santa Alexandrina – CIGRA; Arvore Alta/Volta da Pedra e fazenda Garupu (Grupo Votorantim), Alhandra e Ponta do Funil.

Sobral (2011) revisou os amonóides da Bacia da Paraíba, registrando quatro ordens, típicas do Cretáceo, com sete gêneros e nove espécies: PHYLLOCERATINA, *Hypophylloceras* (*Neophylloceras*) *surya* Forbes, 1846; LYTOCERATINA, *Glaudyceras* *varicostatum* van Hoepen, 1991; AMMONITINA, *Hauerieras* Grossouvre, 1894, *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) *neubergicus* van Hauer, 1858; *Sphenodiscus* *lobatus* Tuomey, 1854; ANCYLOCERATINA, *Axonoceras* cf. *compressum* Stephenson, 1941; *Axonoceras* *pingue* Stephenson ? *Diplomoceras cylindraceum* Defrance, 1816. Sobral (2011) apontou que a paleofauna estudada indica um ambiente nerítico profundo de plataforma continental entre 100 e 200m para a bacia e 60% corresponde a táxons cosmopolitas de modo apresentando uma maior relação com a fauna sul americana e tetiana.

3.1.3 Fauna dos Vertebrados

Maury (1930), descreve os vertebrados da Bacia da Paraíba oriundos da Formação Gramame aponta os peixes ósseos *Palaeobalistum ponsorti* Heckel *Palaeobalistum dossantosi*; *Eurypholis* sp; *Enchodus oliverai* e *Enchodus annectens*; peixes cartilaginosos *Corax pristodontus* Agassiz e *Lamna serra* Woodward, e o réptil *Goniopholis harti* (Marsh).

O gênero *Corax* descrito por Maury (1930) foi modificado para *Squalicorax* por Whitley (1939).

Prince (1953b) analisando o material fóssil do crocodilomorfo *Goniopholis hartii* identificado por Maury (1930), reclassificou como uma diáfise do úmero esquerdo de pterossauro, nomeado como *Nyctosaurus lamegoi*.

Kellner (1989) ao estudar os répteis voadores do Cretáceo do Brasil, ressaltou que o primeiro pterossauro encontrado no Brasil, se deu na Formação Gramame da Bacia da Paraíba, o *Nyctosaurus lamegoi*, encontrado na fazenda do Congo a margem direita do Rio Gramame no Estado da Paraíba.

Silva et al., (1995) realizam coletas de dente de *Enchodus* na Pedreira da Marga-PE durante o Projeto Dinossauros no Brasil, ao mesmo tempo que estudam quatro dentes pertencentes da coleção do DEGEO/UFPE da espécie *Enchodus lybicus*.

Carvalho et al., (1995a e 1995b) e Carvalho (1996) registram ocorrência de dois gêneros de répteis marinhos, oriundos do Engenho Guerere (Fosforita), Pedreira CIPASA e Pedreira Poty Os fósseis coletados foram 24 dentes e 4 vértebras de *Mosassaurus* e *Globidens*. Os fósseis foram correlacionados com a fauna do Maastrichtiano de Marrocos, Angola e Nigéria.

Azevedo e Carvalho (1997) ao publicarem um resumo com base em características morfológicas de 110 dentes de mosassauros propuseram uma classificação de répteis marinhos do Cretáceo da Bacia da Paraíba, determinando duas subfamílias: Mosassaurinae e Plioplatecarpinae.

Carvalho et al., (1997b) e Carvalho Azevedo (1998b) verificam a primeira ocorrência de plesiossauros na Formação Gramame, a partir do estudo de arco neural do atlas, áxis, vértebra vertical, vértebra dorsal, fragmentos de costelas e um dente muito longo, delgado com finas estrias. De acordo com Carvalho et al., (1997b) a vértebra dorsal dos pleiossauros, possui dois pares de forâmens nutritivo. E taxonomicamente o dente pertencia a super família Plesiosauroidea e quanto ao restatnte do material a família Elasmossauridae.

Silva (2007) e Silva et al., (2007) ao estudarem os vertebrados da Bacia da Paraíba (Cretáceo Superior-Paleoceno), dando ênfase a análise de dentes identificam e revisam 36 táxons, sendo que os vertebrados da Bacia da Paraíba estão representados por duas classes de peixes e por répteis, sendo os peixes predominantes. Da classe dos peixes estão os Chondrichthyes (4 raias e 12 tubarões) e os Osteichthyes (10 peixes). Silva (2007) os infere como marinhos e terrestres, de modo que os marinhos compreende a família dos Mosasauridae, com duas subfamílias, Mosassaurinae e Plioplatecarpinae, nos gêneros *Mosasaurus*, *Globidens*, *Platecarpus* e *Prognathodon*; Ordem Plesosauria, famílias Elasmosauridae e Pliosauridae Pterosauria com a espécie, *Nyctosaurus lamegoi*.

A partir da fauna analisada, Silva (2007) aponta um ambiente marinho mais profundo, de plataforma externa para a Formação Gramame.

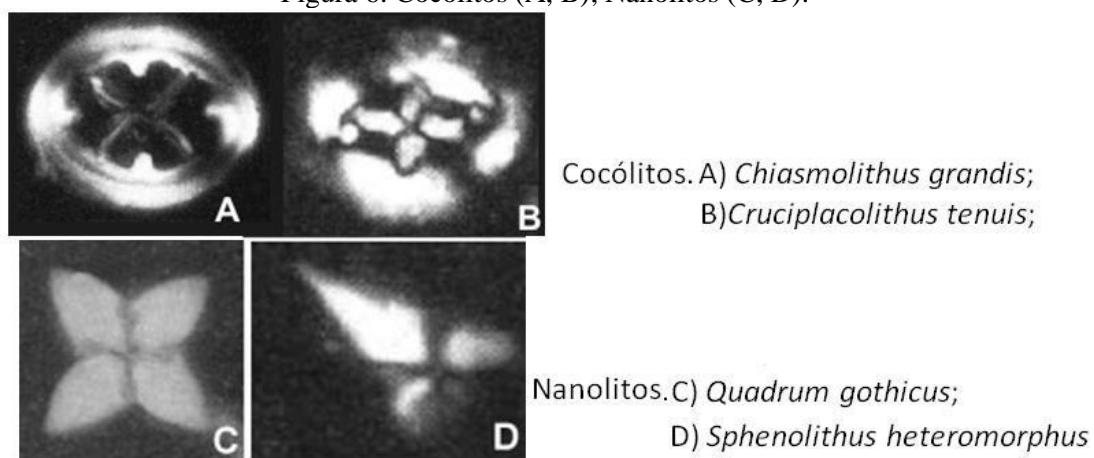
A partir de uma tabela elaborada por Silva (2007) sobre os vertebrados da Bacia da Paraíba, pode-se listar os vertebrados da Formação Gramame em duas classes de peixes: Chondrichthyes (peixes cartilaginosos) e Osteichthyes (peixes ósseos); e também a classe da Reptilia. Dos Chondrichthyes estão: *Hexanchus microdon*, *Hexanchus*; *Cretolamna biauriculata mar.* (=*Lamna serra*; *Lamna serrata*); *Squalicorax pristodontus* (=*Corax pristodontus*; *Galeocerdo pristodontus*); *Squalicorax pristodontus* (=*Corax pristodontus*; *Galeocerdo pristodontus*). Os Osteichthyes: *Palaeobalistum dossantosi*, *Palaeobalistum dossantosi*, *Enchodus elegans* (=*E. subaequilateralis*); *Enchodus libycus*; *Enchodus oliveirai* (=*Enchodus bursauxi*). E Reptilia: *Globidens fraasi*; *Mosasaurus anceps* e *M. beaugei*; *Platecarpus* sp; Elasmosauridae e Dyrosauridae.

Através de estudos de dentes isolados, Galo et al., (2011) fizeram a primeira referência de ocorrência de *Cretolamna biauriculata*.

3.2 Microfósseis: Nanofósseis Calcários

Segundo Bown e Young (1998), o termo nanofósseis calcários refere-se à elementos exclusivamente marinhos, predominantemente planctônicos, de composição carbonática, com dimensões inferiores a 30 µm pertencentes a duas grandes categorias: os cocólitos e as formas associadas (figura 6).

Figura 6: Cocólitos (A, B); Nanolitos (C, D).



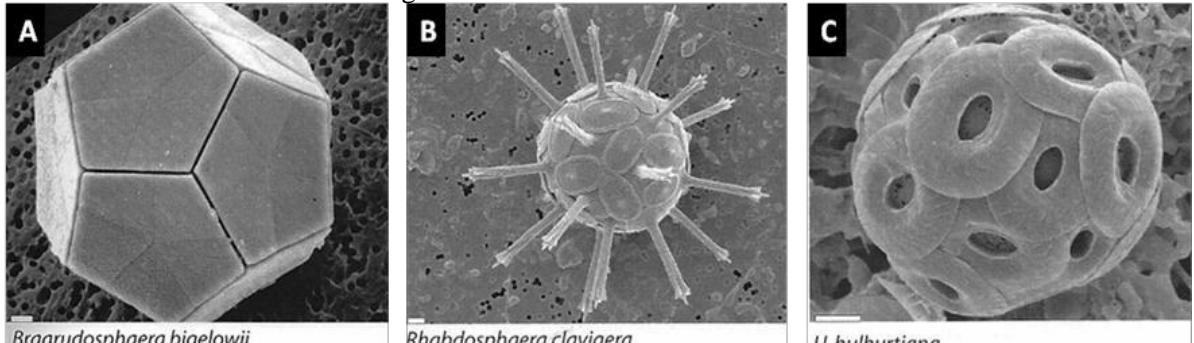
Fonte: Pedrosa (2013).

Os cocólitos, geralmente circulares a elipsoidais, são oriundos da desagregação do esqueleto externo de algas unicelulares planctônicas marinhas, conhecidas como coccolitofóridos (figura 6 A e B). Já as formas associadas, denominados de nanolitos

apresentam forma mais variada e referem-se a partículas de origem incerta (*incertae sedis*) ou provenientes de organismos não relacionados aos cocolitoforídeos (ANTUNES, 1997). Os nanolitos (figura 6 C e D) exibem contornos como rosetas, agulhas, ferraduras, estrelas, etc.

O termo cocosfera foi descrito por Wallich em 1861 (apud SIESSE, 1994), o qual foi primeiro pesquisador a verificar que eles se arranjam em torno da alga, de modo semelhante a uma esfera. Porém estudos posteriores revelaram outros contornos geométricos (figura 7).

Figura 7 - Variedade de cocosferas.



Fonte: Modificado de Antunes (2010).

O termo cocosfera define o agregado de cocolitos que envolve os cocolitoforídeos Wallich em 1861 (apud SIESSE, 1994).

3.2.1 Composição e Morfologia

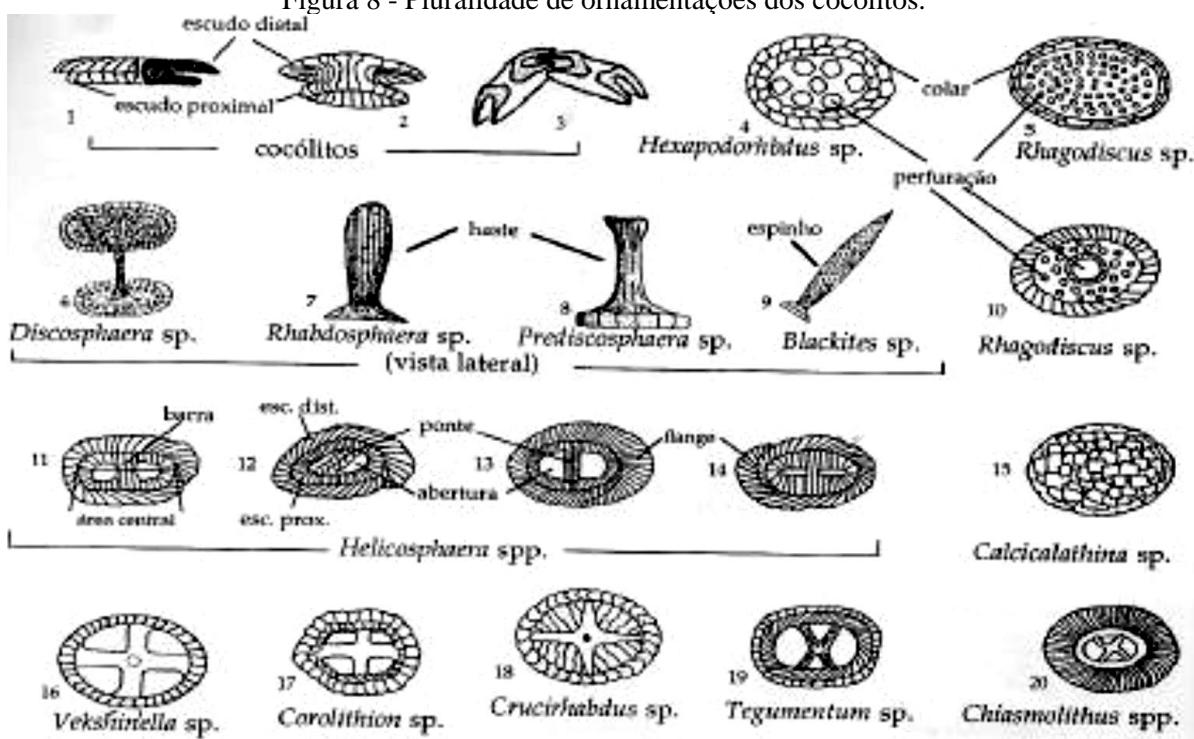
Os nanofósseis calcários são constituídos por carbonato de cálcio. A sua participação se dá sob as formas de calcita, aragonita e vaterita. Porém estas duas últimas são muito instáveis. Assim, rapidamente, no registro fóssil, são convertidas em calcita (SIESSE e WINTER, 1994). Pesquisas geoquímicas comprovaram a existência de estrôncio, bário, manganês e fósforo eventualmente na composição dos nanofósseis, embora em percentuais muito baixos.

Os cocólitos são caracterizados por contornos circulares a elípticos, com duas placas arqueadas, denominadas escudos, unidas por uma estrutura cilíndrica que pode ser como uma coluna ou um tubo vazio (figuras 8 e 9). Os escudos são classificados como distal, referente à placa convexa, este é o que permanece em contato com o meio ambiente; e escudo proximal, referente à placa côncava, geralmente de menor tamanho.

Os cocólitos, quando no envoltório da alga, podem apresentar-se interligados ou ligeiramente separados (PEDROSA, 2013).

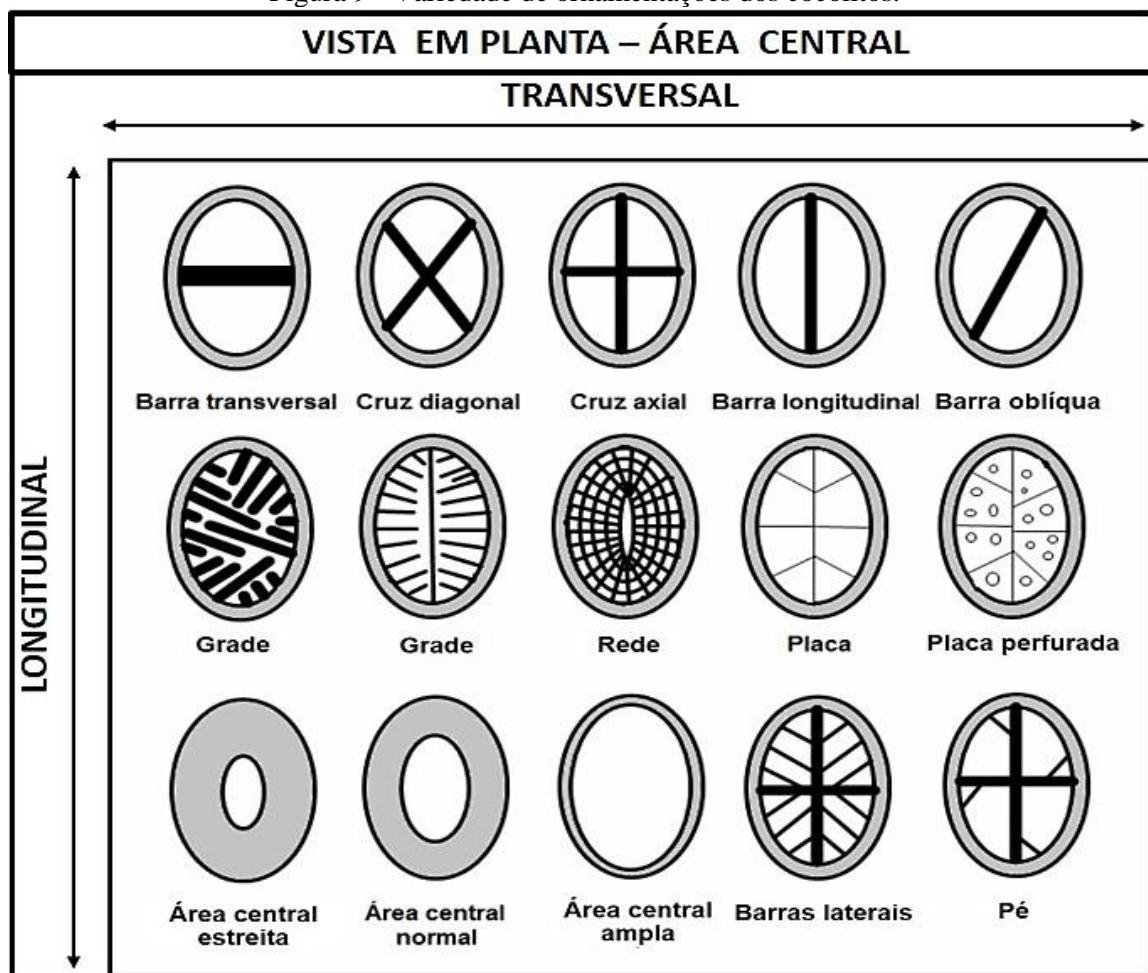
Podem ser encontradas nos cocólitos ornamentações, tais como: barras simples ou duplas (podendo ser em forma de X ou de +), hastes, espinhos e perfurações (figuras 8 e 9). De acordo com Perch-Nielsen (1971) a estrutura cristalina dos cocólitos é formada por uma trama complexa de cristais imbricados de composição carbonática, que geralmente apresentam hábito romboédrico. Podem, ainda, ser encontrados em menor proporção com hábitos prismático, tabular ou hexagonal.

Figura 8 - Pluralidade de ornamentações dos cocólitos.



Fonte: Modificado de Antunes (1997).

Figura 9 - Variedade de ornamentações dos cocólitos.



Fonte: Modificado de Antunes (1997).

Os cocolitofóridos podem produzir dois tipos de cocolitos – heterococólitos e holococólitos – que podem ser distinguidos pelo arranjo dos cristais que os compõem. Este arranjo fará com que cada tipo de cocolito tenha diferente comportamento quando observados ao microscópio óptico com luz polarizada e nicóis cruzados (MO) (PEDROSA, 2013).

Os heterococólitos são formados por cristais de formas e tamanhos variados. Estes cristais geralmente encontram-se dispostos em ciclos com simetria radial. De forma diversa, os holococólitos são formados por um grande número de diminutos cristais (<0.1 mm) que possuem tamanhos e formas similares. Os cristais dos holococólitos são menores, mais frágeis e desintegram-se de forma mais rápida após a morte da alga que lhe deu origem. Devido a estas características, é muito difícil à preservação dos mesmos no registro fossilífero, ao contrário dos heterococólitos (ANTUNES, 1997).

Figura 10 - Morfologia dos heterococólitos.

	PLACOLITO	MUROLITO	PLANOLITO
Forma			
Seção vertical	<p>Rim INA - HP Distal Proximal Central-area</p>	<p>Rim INA - HP Central-area</p>	<p>Rim INA - HP Central-area</p>
Vista distal			

Fonte: Antunes (1997).

Os heterococólitos apresentam três formas básicas (figura 10): Murolito - Possuem borda elevada, mas sem escudos bem desenvolvidos; Placolitos - São caracterizados por dois ou mais escudos bem desenvolvidos; e Planolitos - Heterococólitos planares com borda não elevada (ANTUNES, 1997).

3.2.2 Ocorrência e Preservação

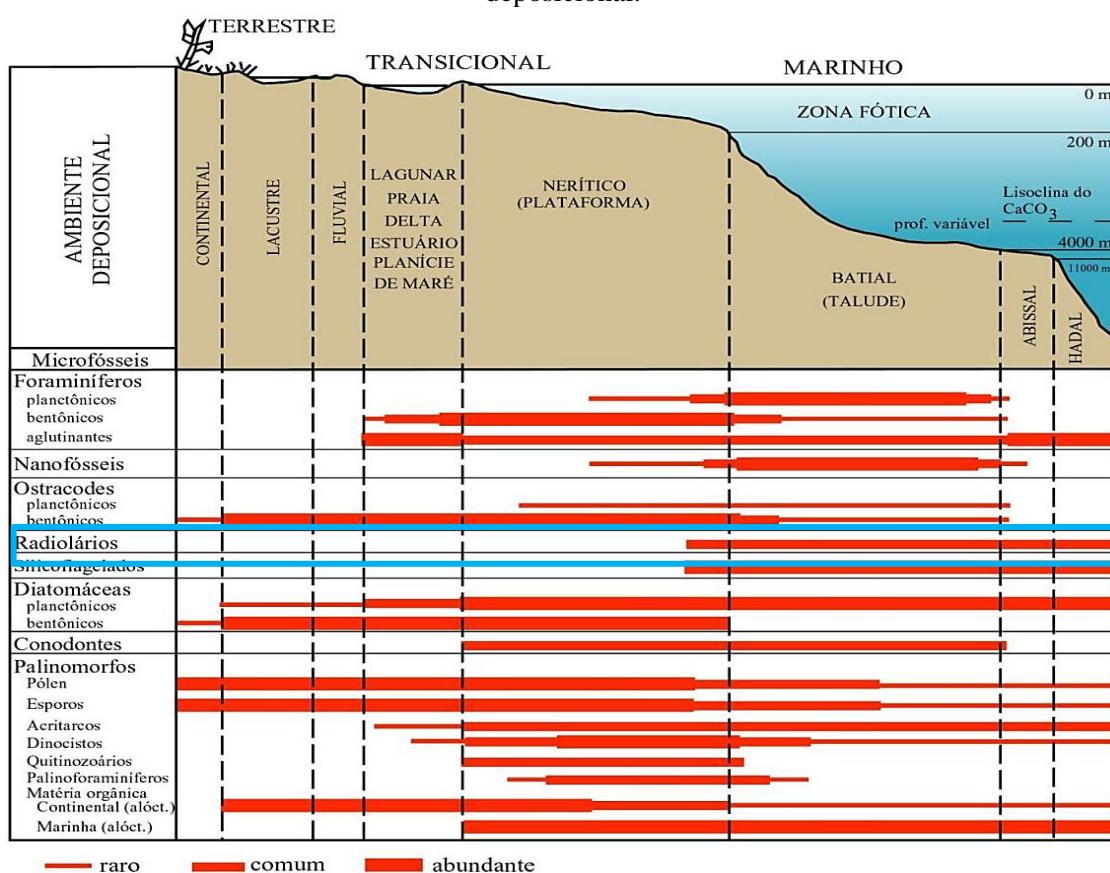
Os cocolitoforídeos atuais são organismos planctônicos, encontrados em maior abundância em águas marinhas distais, em ambientes oligotróficos. São encontrados com menor frequência em águas nerícias, conforme indica a figura 11. Em função deste *habitat*, os cocólitos são registrados mais abundantemente em profundidades batiais. A transferência dos cocólitos para estas grandes profundidades ocorre por meio dos pelets fecais, daqueles organismos predadores dessas algas (HONJO, 1976). De igual modo, admite-se que os nanofósseis sejam plaquetas de organismos pertencentes a grupos planctônicos similares aos cocolitoforídeos. Destarte, o paleonanoplancton, como os demais organismos de dimensões microscópicas, ocorre preferencialmente em depósitos sedimentares de granulometria fina (margas, mudstones e folhelhos) formados a grandes profundidades. Em depósitos com granulometria mais grossa, a sua ocorrência é extremamente rara. A profundidade ideal de deposição dos pelets que contêm os nanofósseis deve encontrar-se acima da lisoclina do carbonato de cálcio, uma vez que a

partir daí as partículas carbonáticas tendem a ser dissolvidas (figura 10), (PEDROSA, 2013).

Em função desta ocorrência, a abundância com que são registrados nas amostras pode dar indicação relativa das oscilações da linha de costa ao longo de uma seção. Em sedimentos coletados em ambientes marinhos “normais”, quanto mais expressiva for a abundância dos nanofósseis, provavelmente maior será a profundidade da deposição. De modo contrário, quanto menor a abundância, menor será a lâmina d’água. Portanto, trends transgressivos e regressivos podem ser sugeridos a partir da elaboração de uma curva de abundância. Claro que esta relação só é válida para amostras com a mesma faixa granulométrica - sedimentos finos (PEDROSA, 2013).

A quantidade com que ocorrem em amostras pelíticas marinhas distais é astronômica. Desta forma, os nanofósseis podem ser vistos como o grupo fóssil mais abundante do planeta (PEDROSA, 2013). Hay et al., (1967) estima que vasas oceânicas encerram 10^{12} nanofósseis por cm^3 de sedimento. Folhelhos mais proximais conteriam 10^9 nanofósseis por cm^3 de sedimento.

Figura 11 - Ocorrência e preservação dos grupos de microfósseis de acordo com o tipo de ambiente deposicional.



Fonte: Modificado Antunes e Melo (2001).

Com registro confirmado a partir do Triássico terminal, os organismos que deram origem aos nanofósseis (cocolitoforídeos e outros grupo algálidos (?)) passaram a pular nos oceanos, experimentando rápida evolução. Desse modo, em face da abundância, da ampla extensão geográfica com que são registrados (são cosmopolitas), e das contundentes transformações morfológicas (evolução) e da identificação relativamente fácil das espécies, os nanofósseis são vistos como excelentes indicadores bioestratigráficos. No registro fóssil, os heterococólitos são mais facilmente preservados do que os holococólitos (PEDROSA, 2013).

Este grupo de microfósseis são encontrados em sedimentos marinhos das bacias marginais brasileiras desde o Eocretáceo (Aptiano/Albiano) ao Holocene (ANTUNES, 1997).

3.2.3 Um breve histórico dos Nanofossies Calcários na Formação Gramame da Bacia da Paraíba

Dos trabalhos existentes que tangem o Maastrichtiano da Bacia da Paraíba encontram-se Grassi (2000), Lima (2002), Lima e Koutsoukos (2000 e 2002), Geize (2010), Andrade (2010).

Grassi (2000) correlacionou os resultados bioestratigráfico dos nanofósseis calcários com os obtidos através dos isótopos estáveis de oxigênio e carbono, apartir de amostras de afloramentos da Formação Gramame da Bacia da Paraíba, e da Formação Ibatuba da Bacia da Campos, com ênfase na passagem Cretáceo-Paleógeno.

Lima (2002) apresenta resultados integrados dos estudos bioestratigráficos de nanonanofósseis calcários e foraminíferos, petrográficos, geoquímicos e do registro icnofossilífero, de quatro afloramentos (pedreiras CIMEPAR, CIPASA, NASSAU, e POTY) da Formação Gramame (Maastrichtiano), entre Recife (PE) e João Pessoa (PB), na Bacia da Paraíba. Nesse trabalho o autor elabora um modelo evolutivo para a Formação Gramame e evententos que se sucedem sobre a mesma.

Lima e Koutsoukos (2000 e 2002) ao realizarem um detalhado estudo sobre a bioestratigrafia dos nanofósseis calcários em afloramentos da Formação Gramame permitiu a resolução de um esquema de alta resolução.

Andrade (2010) apresenta um estudo com relação à identificação, classificação taxonomica e bioestratigráfia de nanofósseis calcários do Poço Poty, no qual estão inseridas nas formações Gramames e Maria Farinhas. Das amostras analisadas foram encontradas 95

espécies ao Maastrichtiano Superior, pertencentes a 32 gêneros, e 23 características do Daniano, pertencentes a 13 gêneros.

3.3 Facies /Paleoambientes da Formação Gramame

Beurlen (1967b) ao estudar a paleontologia da Faixa costeira entre Recife – João Pessoa apontou que a Formação Gramame, possui uma riqueza em fósseis de fauna tipicamente marinha bem diversificada com gastrópodes, bivalvios, amonóides e equinóides. Nessa abordagem o autor versa sobre a variação das associações fóssilíferas da Formação Gramame. Neta perspectiva é posto que haja um grande contraste entre os calcários, de um lado, e as camadas litorâneas de outr, o que motivou no passado a separação da Formação Gramame da Formação Itamaracá como formações geológicas distintas (KEGEL 1953 e 1955c BARBOSA et al., 2003; BARBOSA, 2004; SOUZA e LIMA FILHO, 2005; BARBOSA et al., 2005).

Segundo Beurlen (1967b), as diferenças paleontológicas observadas em vários afloramentos da Formação Gramame são exclusivamente ecológicas e faciológicas, sem qualquer importância estratigráfica. O autor ainda ressalta que algumas poucas espécies ocorrem em todas as camadas da formação: *Inoceramus dominguensi*, *Anchura roxoi*, *Volutomorpha brasiliensis* e principalmente *Pachydiscus dossantosi* e *Sphenodiscus brasiliensis*, além de outros menos típicos documentados na unidade estratigráfica. Nesta análise, o autor faz três caracterizações de associação fóssil: associação do calcário Gramame; a associação do tipo Itamaracá – Alhandra; e a associação das camadas fosfáticas de Olinda.

Na primeira associação (associação do calcário Gramame) Beurlen (1967b) infere que a associação de fósseis do calcário da Formação se caracteriza pela predominância de amonóides de diversas espécies (*Sphenodiscus* e *Pseudophyllites*) geralmente de tamanho considerável, ocorrendo localmente *Hemimaster* como fóssil comum. Gastrópodes e bivalvios desempenham papel muito pequeno. Somente a grande *Atrina regina-mares* e a grande *Volutomorpha brasiliensis* e *Pyrazus brasiliensis* aparecem em alguns locais como fósseis não raros.

Na segunda associação (Olinda – Ilha de Itamaracá – Alhandra) que se encontram em um calcário detritico, possuem uma associação com predominância de bivalvios e gastrópodes, enquanto que os amonóides são muito raros. As diversas ocorrências apresentam muitos tipos comuns (*Plicatula*, *Trigonarca*, *Pseudocucullaea*, *Venericardia*, *Veniella*, *Turritella*, *Tibia*, *Lunaria*, *Voluptomorpha* e outros) (BEURLEN 1967b).

Já na terceira associação (camadas fosfáticas de Olinda), onde se caracterizam por arenitos muito friáveis, argilosos, calcários com componente variável de fosfato; predominam conchas de tamanho médio ou pequeno, de modo que os gastrópodes são mais frequentes do que os bivalvios. Nesta perspectiva, os tipos mais comuns são: *Plicatula*, *Venericardia*, *Lucina*, *Xenophora*, *Helicaculax*, *Cypraea*, e outros. Trata-se de um ambiente litorâneo de água muito rasa, mas pouco movimentada, provavelmente com grande desenvolvimento de algas (BEURLEN, 1967b).

Beurlen (1970) ao realizar estudos paleontológicos entre o limite Cretáceo-“Terciário” no Estado de Pernambuco ressalta que segundo a associação faunística e litológica, é possível diferenciar três unidades parciais: 1 – um nível inferior de calcários detritícios amarelo, com uma fauna típica de bivalvios e gastrópodes de concha grossa; 2 – uma fácie aparte, temos a deposição de um sedimento rico em fosfato de cálcio, também com uma fauna muito característica; ambos tipos de fácies características a transgressão marinha sobre os arenitos terrestre da formação Beberibe; 3 – sobrepõe-se a estas unidades, calcários biodetritícios de cor cinza que podem chegar a uma espessura de 35 metros e 40 metros.

Mabesoone e Tinoco (1971) ao estudar a faixa sedimentar costeira de Pernambuco e Paraíba que se estende entre a cidade do Recife e o Vale do Rio Mamanguape, afirmaram que essas Bacias tiveram seu início no Cretáceo Superior à deposição de sedimentos continentais, passando para o mar de sedimentos meta-litorais. No Maastrichtiano, o mar invadiu grande parte da área, deixando uma sequência calcária, de modo que este mar recua no Paleoceno. E que também torna os sedimentos quaternários continentais em diversas fases.

Em muitos lugares a sequência inicia-se com arenitos calcíferos até o calcarenitos calcíferos, em passagem gradativa. O conteúdo com grão de quartzo diminui assim para cima até desaparecer quase totalmente. Ao mesmo tempo aumenta o conteúdo fóssil, de uma maneira tal que podem existir até lumachelas. O caráter sedimentológico permitiu determinar um ambiente meta-litoral com ocorrência fortes para sua deposição (MABESOONE; TINOCO e COUTINHO, 1968). Também a conservação dos fósseis dos microfósseis confirma esta suposição não somente pelas conchas espessas, mas também pela forte recristalização das mesmas (MABESOONE e TINOCO, 1971).

Segundo Mabesoone e Tinoco (1971), os amonóides ocorrem na fácie transgressiva de forma rara. Em que predominam as conchas grossas e avantajadas de *Cucullaea*, *Pseudicucullaea*, *Veniella*, *Turritella*, *Tibia*, *Pugnellus* e *Voluntomorpha*; os crustáceos são *Callianassa*. Já os microfósseis geralmente não são preservados nessas rochas de ambientes

transgressivos; porém em uma única amostra foi encontrado raros fragmentos de *Globotruncana contusa*, confirmado idade maastrichtiana (MABESOONE e TINOCO, 1971).

Os macrofósseis são, na sua maioria, preservados em formas de moldes internos fosfatizados predominando conchas de tamanho médio a pequeno, sendo os gastrópodes mais frequentes (*Venericardia*, *Lucina*, *Xenophora*, *Helicaulax* e *Cypraea*). Os amonóides são representados ocasionalmente por pequeno exemplares de *Baculites*, *Pachydiscus* e *Sphenodiscus*; equinoides são raros. Também foram encontrados restos de diversos outros tipos de fósseis. Entre microfósseis, destaca-se como restrita a zona fosfatizada o peneropolífero *Fallotia santosae* (MABESOONE e TINOCO, 1971).

De acordo com a fundamentação posta acima no que tange as associações fósseis da Formação Gramame, os calcários da Pedreira do Roger estão aqui incluídos na associação de calcário Gramame (BEURLEN, 1967) e nos calcários biodetríticos de cor cinza (MABESOONE e TINOCO, 1971).

Mabesoone (1991a) ao fazer um levantamento histórico entre a faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, aponta as fácies transgressiva de base dos calcários Gramame, em que relata um caráter faciológico decididamente litorâneo, e conclui que é por tal motivo que resulta em uma fauna de bivalvios e gastrópodes, de águas muito agitadas. *Pseudocucullaea*, *Trigonarca*, *Veniella*, *Turritella*, strombídeos e volutídeos são as formas típicas. Nos arenitos calcários e calcarenitos, evidentemente formados em águas muito movimentadas, predominam formas grandes, de conchas espessas. Na fácie fosfática, aparentemente de uma fácie mais de águas mais rasas com fundos alagálicos, dominam formas menores e com conchas relativamente finas. Os calcários Gramame constituem uma fácie nerítica com indícios de grande atividade de organismos escavadores: *Hemiaster* e *Callianassa* são elementos significativos da fauna, além dos pinnídeos volutídeos localmente grandes. Porém o elemento mais conspícuo constituem os amonóides, em parte de grande tamanho (*Baculites*, *Gaudryceras*, *Pseudophyllites*, *Pachydiscus*, *Sphenodiscus*).

Muniz (1978) sugere que poderiam ser encontrados na porção inferior calcarenítica os gêneros: *Turritella*, *Pseudocucullaea*, *Trigonarca*, *Plicatula*, *Cardium*, *Natica*, *Voluntorpha*, *Pholadomya* e eventualmente *Pachydiscus* e *Sphenodiscus*. De modo que aparentemente os gêneros mais frequentes são os bivalvos *Pseudocucullaea* e *Plicatula*. E em sua porção superior calcária ocorrem *Hemiaster* sp.

Mabesoone (1991a) aponta a ocorrência de muitas ostras *Pycnodonte vesicularis* próximo do Rio Tinto, no fundo de um vale aflorando calcário Gramame menos margoso cuja

posição estratigráfica foi confirmada por um banco, ocorrendo em baixo de um nível de água também durante a maré baixa.

Mabesoone e Oliveira (1991), ao realizarem revisão da fauna fossilífera da Formação Gramame, concluíram que ela se caracteriza por ser tipicamente marinha e bem diversificada, com moluscos gastrópodes, bivalves, amonóides e equinoides entre os invertebrados. Só que é necessário entender conforme foi posto pelos autores, que essa formação possui três fácies diferentes e independentes. A primeira, com uma associação de camadas litorâneas de caráter detrítico, conchífero, em acumulações concentradas de conchas grandes e espessas, sendo comum: *Cucullaea*, *Pseudocucullaea*, *Veniella*, *Turritella*, *Pugnellus*, *Tibia* e *Volutomorpha*, típicas de ambiente costeiro de águas rasas e agitadas.

Na segunda fácie, a fosfática, com calcarenitos fosfáticos, friáveis, argilosos, predominam conchas de tamanho médio a pequeno, com gastrópodes mais frequentes que moluscos bivalves. Os tipos mais comuns dessa associação são: *Plicatula*, *Venericardia*, *Lucina*, *Xenomorpha*, *Helicaulax*, *Cypraea* entre outros. Nesta fácie fosfática ocorrem ainda algas calcárias, provavelmente de *Archaeolithothamnium*. O ambiente era raso pouco movimentado, com grande desenvolvimento de algas (MABESOONE e OLIVEIRA, 1991).

Já na terceira fácie da associação fossilífera, a fácie calcária, caracteriza-se pela predominância de amonoides (diversas espécies de *Pachydiscus*, *Sphenodiscus*, e *Pseudophyllites*) de tamanho considerável. Um fóssil comum é *Hemaster*; moluscos gastrópodes e bivalves desempenham papel relativamente pequeno, com exceção das grandes *Atrina regina-mares*, *Volutomorpha brasiliensis* e *Pirazus brasiliensie*. Em algumas fácies são comuns às placas de equinoides e tubos de vermes do gênero *Hamulus*; os dentes de peixe são raros. As suas associações indicam ambiente netrítico com fundo de lama calcária, a certa distância da costa ou em depressão de certa profundidade. Elementos de água não muito profunda, junto com foraminíferos planctônicos, segundo parece ser devido a uma ressurgência de águas oceânicas sobre uma zona mais ou menos plataformal de fundo irregular (MABESOONE e OLIVEIRA, 1991).

Trabalhos anteriores realizados por Tinoco (1976); Fauth e Koutsoukos (2002) baseados em foraminíferos planctônicos e ostracodes, inferiram um ambiente mais profundo de plataforma externa para o paleoambiente deposicional da Formação Gramame. Souza e Lima Filho (2005), ainda embasado nos resultados obtidos por Tinoco (1976) a partir das análises da relação dos foraminíferos planctônicos e bentônicos da camada de fosfato da

Formação Itamaracá, inferiram um ambiente de águas profundas que representaria uma Superfície de Inundação Máxima (SIM).

Lira et al., (2007) ao realizarem uma reconstituição paleoambiental a partir de fósseis da classe da Equinoidea (*Hemaster scutiger*) da Formação Gramame, propuseram que eles podem indicar um ambiente deposicional caracterizado por águas rasas e quentes de uma plataforma continental.

Barbosa, Viana e Neumann (2006) descrevem o comportamento ambiental para os afloramentos da plataforma Gramame e Sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri como Plataforma Média/Externa de baixa energia – substrato macio (lama carbonática) com ações de ondas de tempestade, em um Sistema Trato de Mar Alto.

Silva et al., (2007) ao analisar a fauna de vertebrados a partir de peixes ósseos, cartilaginosos e répteis, caracterizou o Cretáceo Superior, da Formação Gramame como um ambiente marinho profundo de plataforma externa. Já Sobral (2011) aponta que os amonóides indicam um ambiente nerítico profundo de plataforma continental entre 100 e 200 metros de profundidade.

3.4 Idade da Formação Gramame

No tratando da idade cretácea na Formação Gramame, afirma-se, que sua existência foi notificada pela primeira vez por Branner (1902), ao estudar o crustáceo *Zanthopsis cretacea* (hoje conhecido como *Ophthalmoplax brasiliiana*).

Maury (1930) realizou o primeiro trabalho bioestratigráfico para a Formação Gramame com base em macrofósseis calcários. Nessa abordagem datou a porção inferior da Formação Gramame integrando ao Campaniano, denominando essa zona de ‘Roudaria’ e a parte superior da Formação a enquadrou a idade Maastrichtiana.

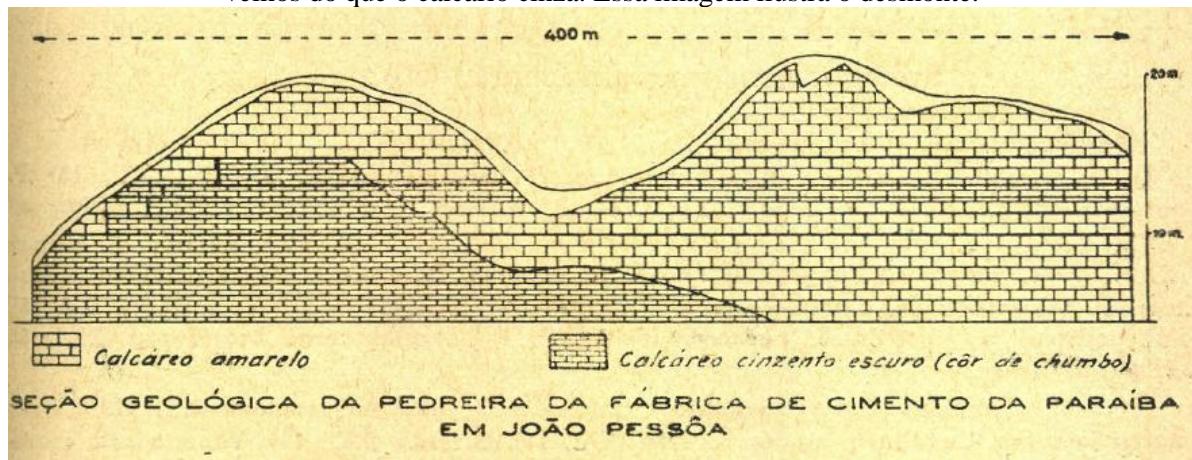
Com base na presença de amonóides *Sphenodiscus*, Beurlen (1967 a e b) datou a Formação Gramame como Maastrichtiano, propondo a inclusão da biozona anteriormente indicada por Maury (1930) como base da formação.

Maury (1930) denominou zona Roudairia, o calcário amarelo com bivalves, porém não elucidou se a sua posição era acima ou abaixo da zona *Sphenodiscus*, pois aguardava o resultado das observações do Dr. Glycon de Paiva, que foi estudar *in loco* a relação estratigráfica entre os dois calcários. Em trabalhos posteriores Maury (1936) coloca de forma definitiva o calcário amarelo (Campaniano), por baixo do calcário cinza, emprestando a este a idade Maastrichtiana. Esse mesmo trabalho publicado por Maury foi reproduzido no Atlas

Geológico do Brasil em 1939 por Rocha e Moraes (1939), em que de igual modo, foi reproduzido por Eusébio de Oliveira na coluna estratigráfica dando aos calcários as posições referidas.

Porem, Oliveira e Leonardo (1941) verificaram em uma Pedreira da Fábrica de Cimento na Paraíba, em João Pessoa – PB, que os calcários cinza encontravam-se abaixo do calcário amarelo (figura 13). Desta forma, ficou evidente que as cores não serviam para definir idades, porque a mesma camada de cor cinza ao contrário, jaz por baixo do calcário amarelo derrubando assim as argumentações posta por (MAURY, 1930).

Figura 12 - Evidentemente como ilustra a imagem, percebe-se que os calcários amarelos encontram-se sobre o cinza, derrubando a teoria de Maury (1930), que afirmava ser os calcários intemperizados mais velhos do que o calcário cinza. Essa imagem ilustra o desmonte.



Fonte: Oliveira e Ramos (1941).

Quanto à idade apontada pelos amonóides (*Phacydiscus* e *Sphenodiscus*) e foraminíferos planctônicos (*Globotruncana contusa* e *Globotruncana stuarti*) Mabesoone e Tinoco (1971) confirmam uma idade maastrichtiana. Por diversas razões, explicadas por Mabesoone, Tinoco e Coutinho (1968) o ambiente de deposição dessas fácies calcárias era de mar aberto com profundidades não maiores que 300 metros, isto é, uma plataforma continental com a parte superior do talude.

De acordo com Beurlen (1963), uma vez que as partes da Formação Gramame (superior e inferior) não possam ser distinguidas por motivos de afloramentos antigos, pequenos e intemperizados, neste caso, as dúvidas podem ser sanadas a partir do conteúdo fóssil, que na seção inferior é caracterizada pela ocorrência de amonóides (*Pachydiscus* e *Sphenodiscus*), enquanto que na parte superior existe a ausência de amonóides e a presença de náutiloides (*Hercoglossa* e *Cimomia*). Assim, a associação de lamebrâquios, gastrópodes e

crustáceos são tipicamente diferentes. Em pequenos afloramentos onde não são encontrados estes conteúdos fósseis, fica sempre a possibilidade de estudar a microfauna, sempre presente e representada por diversos foraminíferos. Cabe aqui destacar, que os amonóides relativamente frequentes no calcário Gramame, são relativamente raros no arenito Itamaracá e, em geral mal conservados, de modo que uma determinação específica certa é pouco provável.

De acordo com Lima (2002) o Neocretáceo se caracteriza por ser o período no qual os níveis relativos dos mares estiveram mais elevados durante o Fanerozóico. E que no Maastrichtiano inicial, o nível relativo dos mares estava em ascensão, enquanto que no Maastrichtiano final o nível relativo dos mares estava descendente.

Lima (2002) afirmou que a Formação Gramame está situada nas Biozonas CC 25A e CC 26B, as quais estão subdivididas em cinco subzona: CC 25A, Subzona 25B, Subzona CC 25C, Subzona 26A e Subzona CC 26B. Para tanto os nanofósseis calcários, foram o elemento preponderante como referência bioestratigráfica, para as investigações que teve como resposta um arcabouço estratigráfico de alta resolução. Lima (2002) ainda ressalta que a Formação Gramame está inserida no trato de sistema transgressivo da Sequência da Margem Passiva de segunda ordem. E organizam-se, na área estudada no trato de sistema transgressivo e trato de sistema de mar alto. E que se entende como espessura superior a 55,0 a 4,9 metros(?). O trato de sistema de mar baixo não foi caracterizado pelo autor.

Oliveira (2011) a partir da palinoestratigrafia identifica para a Formação Gramame a Superzona P – 450, Zona P – 470, Zona P – 480 correspondentes ao Maastrichtiano. Onde conclui que durante o Maastrichtiano, a Bacia da Paraíba estava submetida a uma fase transgressiva em um ambiente de mar aberto, caracterizado como nerítico externo/batial superior, onde o influxo de terrígenos, em geral, era reduzido. Foram individualizados, a partir da distribuição da diversidade dos palinomorfos e a partir das razões de riqueza específica, os Tratos de Sistema Transgressivo de Mar Alto para a Formação Gramame.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo estão apresentados os materiais fósseis coletados em atividade de campo na Pedreira do Roger, e também os métodos utilizados como preparação, identificação e catalogação. Antes de iniciar todo o processo buscou-se realizar uma verticalizada revisão bibliográfica referente a temática, para embasar todo o processo.

4.1 Material

O material de estudo, coletado na Pedreira do Roger, foram: bivalvios *Acesta paraibensis*, *Coelopis (Coelopis) brasiliensis*, *Coelopis?*, *Neithea (Neithea) bexarensis*, *Ostrea?*, *Plicatula?* e *Pycnodonte?*; gastrópodos: *Campanile brasiliense* e *Pterodonta? grammamensis*; amonóides: *Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus* e os *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti*; o equinoide: *Hemiaster cf. jacksoni*; decápoda: *Ophthalmoplax brasiliiana*. Os vertebrados coletados foram dentes de tubarão, do gênero *Cretolamna?* (quadro: 2).

Devido a má preservação de alguns fósseis coletados em campo, alguns materiais foram fotografados a partir da Coleção Científica Paleontológica do Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (DGEO-CTG-UFPE). Das espécies fotografadas estão: a *Plicatula?* figura 18A; *Neithea (Neithea) bexarensis* figura 18B; *Acesta paraibensis* figura 18C; *Ostrea* sp. figura 19A.; *Coelopis (Coelopis) brasiliensis* figura 19B; e *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis* figura 19C.

Quadro 2 - Macrofósseis coletados e tombados na Coleção Científica Paleontológica do DGEO-CTG-UFPE.

Macrofósseis coletados na Pedreira do Roger com o número de tombamento	
Táxons	Nº DGEO-CTG-UFPE
<i>Cretolamna?</i>	8515 A e B
<i>Campanile brasiliense</i>	8517
<i>Hemiaster cf. jacksoni</i>	8520 A e B
<i>Neithea (Neithea) bexarensis</i>	8521 A e B
<i>Ophthalmoplax brasiliiana</i>	8518
<i>Pachydiscus (Pachydiscus.) jacquoti</i>	7770, 7771, 7772, 7773 e 7774
<i>Pterodonta? Gramamensis</i>	8516

<i>Pachydiscus (Pachydiscus.) neubergicus</i>	7775, 7776, 7777, 7778, 7779, 7780, 8510, 8511, 8512, 8513, 8514 e 8519
---	--

Fonte: O Autor.

Em alguns níveis da seção da Pedreira do Roger foram confeccionadas e analisadas 9 amostras para identificação de nanofósseis calcário, dos quais somente 7 foram descritas (apêndice: 1 e quadro: 3). Dos 27 táxons identificados estão: *Biscutum constans*, *Chiastozygus litterarius*, *Cribrocorona gallica*, *Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Cylindralithus serratus*, *Eiffellithus gorkae*, *Eiffellithus parallelus*, *Eiffellithus sp.*, *Gartnerago segmentatum*, *Lithraphidites praequadratus*, *Lithraphidites quadratus*, *Microrhabdulus decoratus*, *Microrhabdulus undosus*, *Micula murus*, *Micula staurophora*, *Placozygus fibuliformis*, *Prediscosphaera cretacea*, *Prediscosphaera grandis*, *Reinhardtites levius*, *Retecapsa crenulata*, *Retecapsa surirella*, *Rhagodiscus splendens*, *Thoracosphaera sp.*, *Watznaueria barnesae*, *Watznaueria bipora*, *Watznaueria ovata* e *Zeugrhabdotus embergeri*.

Quadro 3 - Nanofósseis calcários identificados e depositados na Coleção Científica Paleontológica do DGEO-CTG-UFPE.

Nanofósseis calcários identificados
<i>Biscutum constans</i>
<i>Chiastozygus litterarius</i>
<i>Cribo-corona gallica</i>
<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>
<i>Cylindralithus serratus</i>
<i>Eiffellithus gorkae</i>
<i>Eiffellithus parallelus</i>
<i>Eiffellithus sp.</i>
<i>Gartnerago segmentatum</i>
<i>Lithraphidites praequadratus</i>
<i>Lithraphidites quadratus</i>
<i>Microrhabdulus decoratus</i>
<i>Microrhabdulus undosus</i>
<i>Micula murus</i>
<i>Micula staurophora</i>
<i>Placozygus fibuliformis</i>
<i>Prediscosphaera cretacea</i>
<i>Prediscosphaera grandis</i>
<i>Reinhardtites levius</i>
<i>Retecapsa crenulata</i>
<i>Retecapsa surirella</i>
<i>Rhagodiscus splendens</i>
<i>Thoracosphaera sp.</i>
<i>Watznaueria barnesae</i>
<i>Watznaueria bipora</i>

<i>Watznaueria ovata</i>
<i>Zeugrhabdotus embergeri</i>

Fonte: O Autor.

4.2 Métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa o plano de trabalho foi dividido em quatro etapas: 1) levantamento cartográfico e bibliográfico sobre geologia, estratigrafia, paleontologia e idade da Formação Gramame. Para apoio na identificação do material coletado, também foi realizado uma busca dos acervos paleontológicos da Formação Gramame na coleção científica do Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (DEGEO-CTG-UFPE); 2) trabalhos de campo com levantamento de seção estratigráfica e coleta de macrofósseis; 3) trabalhos em laboratório para a preparação, identificação e catalogação do material coletado; 4) análise dos dados para a integração dos dados e reconstituição paleoecológica e paleoambiental.

4.2.1 Levantamento bibliográfico da Bacia do Paraíba

Primeiramente realizou-se levantamento de dados acerca do arcabouço tectônico estratigráfico da Bacia da Paraíba e da Formação Gramame, visando uma compreensão da bioestratigrafia e de ambientes deposicionais. Também foram levantados Folhas planialtimétricas de dados geológicos nas porções emergentes da Bacia da Paraíba, para servirem de base para os trabalhos de campo e para a confecção do mapa da Pedreira do Roger. Em paralelo, foi realizado um levantamento bibliográfico dos macrofósseis da Formação Gramame.

4.2.2 Atividades de campo

As atividades de campo foram realizadas na Pedreira do Róger, no bairro do Róger em João Pessoa/PB nos dias: 8 a 12 de setembro de 2015; 16 a 20 de novembro de 2015; 26 a 30 de janeiro de 2016; 19 a 23 de outubro de 2016 e 18 a 20 de janeiro de 2017. As figuras 13 e 14 exibem a natureza das pedreiras fotografadas no período de inverno, em que a primeira aponta uma frente da lavra em uma porção inferior, e a outra em uma porção superior.

Figura 13 - Frente da lavra em uma porção inferior, localizada na Pedreira do Róger, no bairro do Rger em João Pessoa-PB.



Fonte: O Autor.

Figura 14 - Frente da lavra em uma porção superior, localizada na Pedreira do Róger, no bairro do Rger em João Pessoa-PB.



Fonte: O Autor.

Também foram percorridos vários afloramentos da Formação Gramame entre Recife/João Pessoa para um melhor entendimento do contexto estratigráfico da área de estudo.

4.2.3 Preparação e Identificação

Os fósseis coletados em campo foram preparados de forma convencional – limpeza mecânica para retirada de rocha do fóssil (figura 15). Em laboratório foram utilizadas as seguintes ferramentas: talhadeiras, martelo geológico, cinzéis, ponteiras, agulhas, instrumentos odontológicos, fita métrica, pincéis, pinças, bandejas de isopor, cola do tipo superbonder, câmera fotográfica, soluções químicas (HCl), Dremel 3000 auxiliado de braço extensor e o microscópio, para o auxílio na identificação do material .

Para a identificação dos fósseis coletados foram utilizados: Silva (2007) para os vertebrados; Maury (1930) e Muniz (1993) para os invertebrados; e Perch-Nielsen (1985) para os nanofósseis calcários.

Figura 15 - Material utilizado para a preparação dos macrofósseis, onde contém pincéis, trincha, ponteira, talhadeira, martelo geológico, instrumentos odontológicos paquímetro, luvas, ácido (HCl) e trena.



Fonte: O Autor.

Não foi realizada descrição detalhada dos fósseis coletados, uma vez, que a maioria se encontrava fragmentados, sendo possível apenas identificação geral dos mesmos.

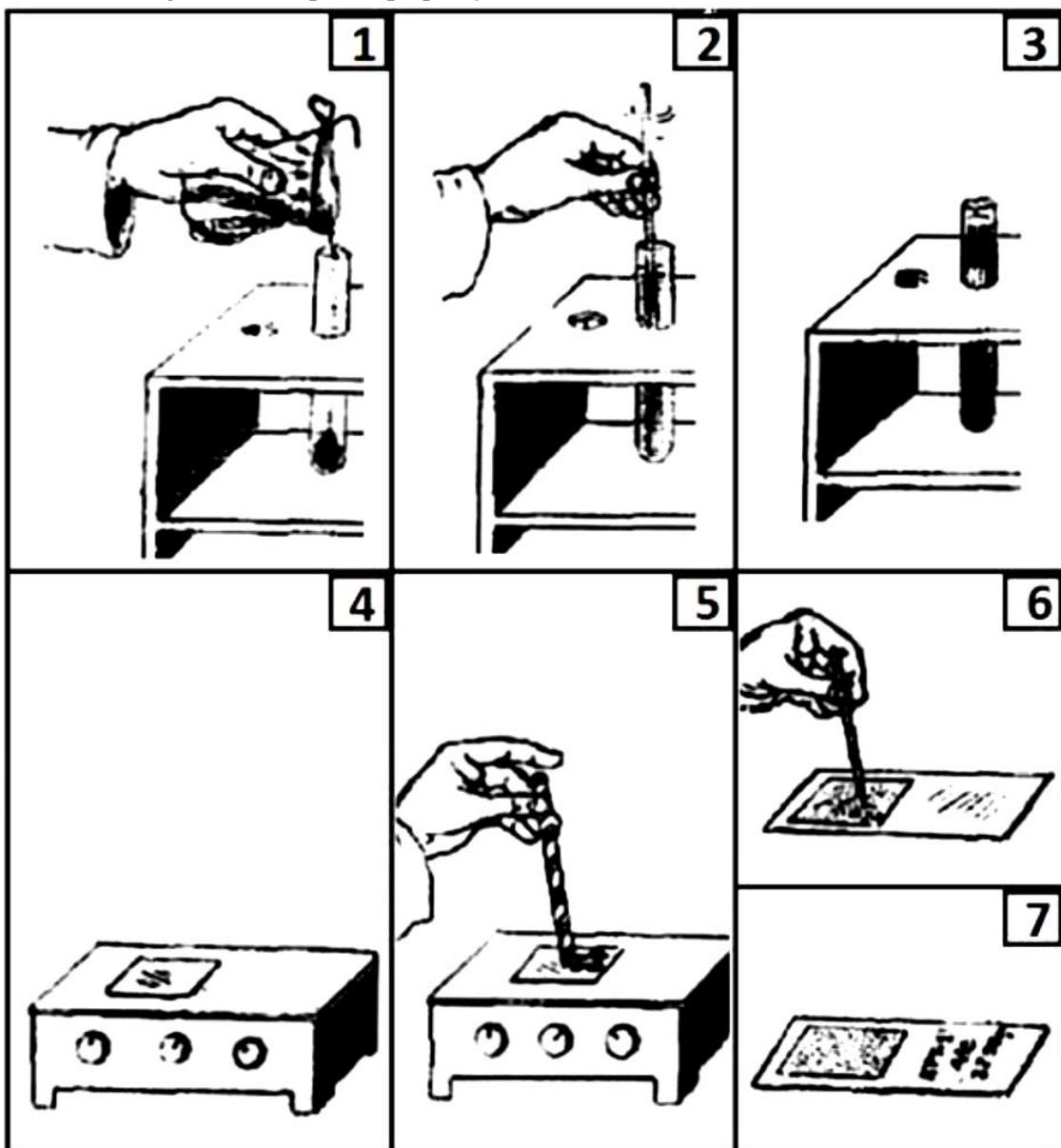
4.2.4 Tratamento dos nanofósseis calcários

Identificação, das espécies em cada lâmina, observações quantitativas e qualitativas foram realizadas em cada lâmina. As observações quantitativas relacionam-se à riqueza específica (número de táxons observados) e a abundância que, reflete o número de exemplares de nanofósseis observados em 6 campos de visão, escolhidos aleatoriamente. Posteriormente, os valores destas duas grandezas podem ser expressos em gráficos, em função da profundidade das amostras (camadas). A análise destas grandezas pode fornecer indicações quanto ao paleoambiente e oscilações da linha de costa.

Para a confecção das lâminas, o método utilizado é o descrito por Antunes (1997) e reproduzido abaixo (figura 16):

- Coloca-se cerca de 1 grama de sedimento, previamente moído no tubo de ensaio;
- Adiciona-se um pouco de água destilada no tubo e, com o auxílio da haste de vidro desagrega-se totalmente o sedimento. Após a total desagregação, coloca-se mais água no tubo e homogeneíza-se a solução novamente;
- Deixa-se em repouso por cerca de 7 minutos;
- Coloca-se a lamínula sobre a placa aquecedora, previamente ligada. Temperatura máxima de 60º C;
- Colocam-se duas a três gotas da suspensão sobre a lamínula. Em seguida, espalham-se gotas de água sobre a lamínula;
- Esperar até que a solução seque totalmente;
- Colar a lamínula (seca) sobre a lâmina, com Bálsamo do Canadá, Entelam ou Northland, na placa aquecedora;
- Em seguida, coloca-se o conjunto (lamínula mais lâmina), no raio ultra-violeta, para completa adesão do mesmo.

Figura 16 - Etapas de preparação das lâminas de nanofósseis calcários.



Fonte: Modificado de Antunes (1997).

Concluída a etapa de processamento, o conteúdo de nanofósseis de cada lâmina foi investigado e identificado com o auxílio de Microscópio Óptico Zeiss, com sistema de polarização. Fotografias digitais dos exemplares das principais espécies foram tomadas com câmera fotográfica acoplada ao microscópio e conectada ao desktop. Utilizando-se o Software AxionVision, as imagens foram transferidas para um computador.

5 RESULTADOS

Nesse capítulo, são parsentados a: paleontologia; sistemática paleontológica; estratigrafia e litofacies; estruturas sedimentares diagenéticas; icnofósseis e icnofaunas, e bioestratgrafia dos nanofosseis cacários referente a Pedreira do Roger.

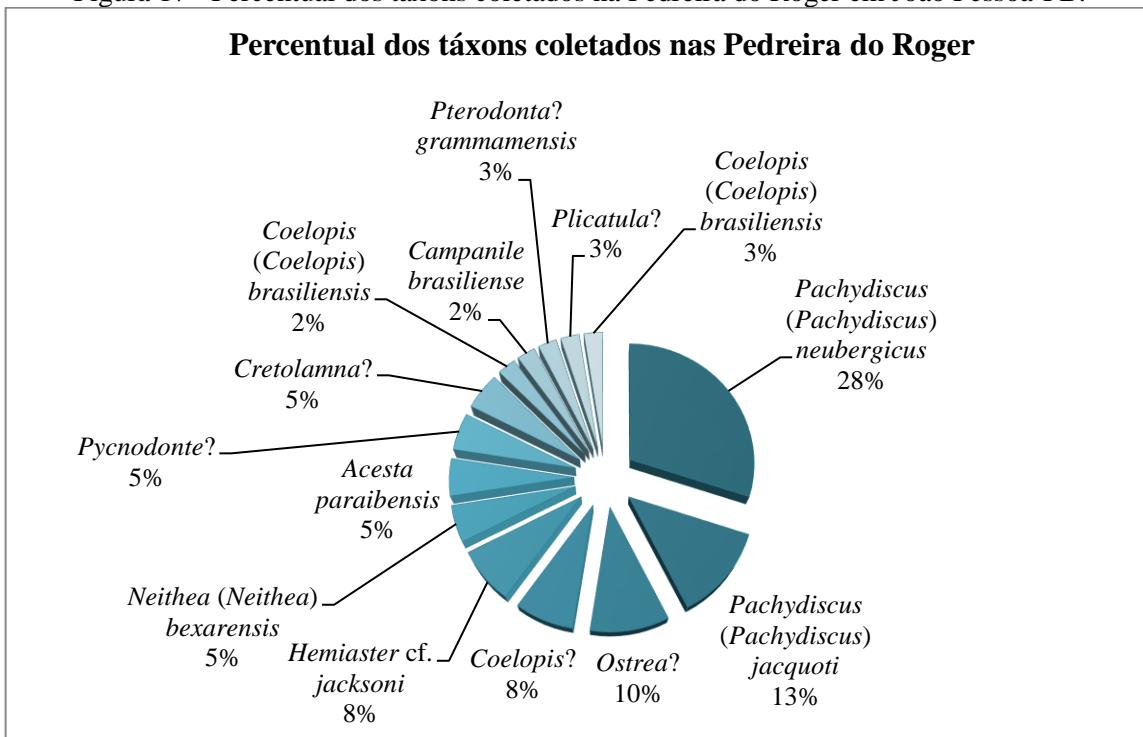
5.1 Paleontologia da Pedreira do Róger

A associação macrofossilífera da Formação Gramame é composta por vertebrados e invertebrados onde os moluscos são o grupo predominante. No conteúdo fóssil da Pedreira do Roger foi possível identificar 14 táxons de 55 espécimes coletados. Do material identificado 43,24% corresponde aos amonóides; 40,27% aos bivalves; 8,18% aos equinoides; 5,40% aos gastrópodes; e 5,40% aos vertebrados. A figura 17 aponta o percentual dos táxons identificado de forma mais detalhada (ver também quadro:4).

Dos táxons bivalves estão: *Acesta paraibensis* (Camadas: 39 e 41) *Coelopis (Coelopis) brasiliensis* (camada 39), *Ostrea?* (camada: 41), *Plicatula?* (camada 39), e *Pycnodonte?* (camadas: 21 e 39). Dos táxons gastrópodes estão: *Campanile brasiliense* (camada 29), *Pterodonta? grammamensis* (camada 27).

Os amonóides são: *Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus* (camadas: 7, 13, 16, 17, 23, 25, 31 e 35) e *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti* (camada: 21, 23, 25 e 29). Dos equinoides foram encontrados os *Hemaster cf. jacksoni* (camadas: 36 e 39). Da ordem decápoda, somente um exemplar foi identificado: *Ophthalmoplax brasiliiana* (camada 41). Fragmentos de céfalo-tórax e quelicera de crustáceos são observados nas camadas 43, 45 e 47. Entre os vertebrados estão: dentes de tubarão, possivelmente do gênero *Cretolamna* (camadas: 14 e 39).

Figura 17 - Percentual dos táxons coletados na Pedreira do Roger em João Pessoa-PB.



Autor: O Autor.

Quadro 4 - Fósseis da Pedreira do Roger coletados por camada.

Fósseis coletados por camada na Pedreira do Roger em João Pessoa/PB	
Camadas	Táxons
47	Decápoda: Fragmentos de crustáceos não identificados
46	-
45	Decápoda: Fragmentos de crustáceos não identificados
44	-
43	Decápoda: Fragmentos de crustáceos não identificados
42	-
41	Bivalvios: <i>Acesta Paraibensis</i> e <i>Ostrea?</i> ; Decápoda: <i>Ophthalmoplax brasiliiana</i>
40	-
39	Bivalvios: 5 fragmentos não identificados; <i>Plicatula</i> ; <i>Coelopis?</i> ; <i>Acesta paraibensis</i> ; <i>Neithea (Neithea) bexarensis</i> ; <i>Pycnodonte?</i> ; <i>Coelopis (Coelopis) brasiliensis</i> (1); Equinoide: <i>Hemiaster cf. jacksoni</i> ; Vertebrado: Dente de tubarão: <i>Cretolamna?</i>
38	Decápoda: Fragmento não identificado
37	Bivalvios: fragmentos não identificados; Decápoda: Fragmentos não identificados;
36	Equinoide: <i>Hemiaster cf. jacksoni</i>
35	Bivalvios: fragmento não identificado; Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
34	-
33	Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
32	-

31	Gastrópode: fragmento não identificado; Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
30	-
29	Gastrópode: <i>Campanile brasiliense</i> ; Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
28	-
27 -	Gastrópode: <i>Pterodonta? grammensis</i>
26	-
25	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i> ; <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
24	-
23	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i> ; <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
22 -	-
21 -	Bivalvios: <i>Pycnodonte?</i> ; Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
20 -	-
19 -	-
18 -	-
17	Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
16	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
15	-
14	Vertebrado: Dente de tubarão: <i>Cretolamna?</i>
13	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
12	-
11	-
10	-
9	-
8	-
7	Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
6	-
5	-
4	-
3	Vertebrados: fragmentos de vértebras de peixe
2	-
1	-

Fonte: O Autor.

No quadro 4 encontra-se a relação de táxons de macrofósseis e as respectivas camadas em que foram coletados na Pedreira do Roger onde nota-se, na coluna da esquerda, os números das camadas, e a direita as ocorrências fósseis, correspondentes ao perfil estratigráfico (figura 22).

5.2 Sistemática Paleontológica

As bibliografias consultadas para a sistemática foram: Maury (1930), Muniz (1993), Silva (2007), e Sobral (2011).

Filo MOLLUSCA Linnaeus, 1758
 Classe BIVALVIA Lineu, 1758
 Superfamília PECTINACEA Rafinesque, 1815
 Família PECTINIDAE Rafinesque, 1815
 Gênero Neithea Drouet, 1825
 Subgênero Neithea Drouet, 1825
 Espécie-tipo: *Pecten aequicostatus* Roemer, 1849
 Neithea (*Neithea*) *bexarensis* Stephenson 1941
 (Figura: 18B)

1941 *Pecten (Neithea) bexarensis* Stephenson

1993 *Neithea (Neithea) latericostata* Muniz

Diagnose: (MUNIZ 1930, p. 68) valva direita apresenta seis costelas primárias, duas costelas secundárias intercaladas. Espaço entre uma costela primária e uma secundária são distintamente mais largos que aquela entre as costelas secundárias. Áreas laterais ornamentadas com três ou quatro costelas.

Paleoecologia: Epifaunal suspensívoro. Ambientes de planície de maré e laguna, podendo em alguns locais ser encontrados em ambientes de alta energia (MONTEIRO, SOARES e MEIRELES 2010).

Ocorrência: O gênero ocorre do Jurássico ao Paleoceno (FOSSIWORKS, 2017).

Família PLICATULIDADE Watson, 1930
 Gênero *Plicatula* Lamarck, 1801
 Subgênero *Picatula* Lamarck, 1801
Plicatula ?
 (Figura: 18A)

Espécie tipo: *Plicatula (Plicatula) parahybensis* Maury, 1930

1993 *Plicatula parahybensis* Muniz

1953 *Plicatula parahybensis* Magalhões e Mezzalira

1930 *Plicatula parahybensis* Maury

Diagnose: Concha grande, um tanto espessa, sub-oval variável, subequivalve, ligeiramente inequilateral. A valva esquerda é quase insensivelmente mais convexa. Região umbonal quase sempre discretamente torcida para trás. Margem ântero-dorsal dominantemente arredondada, acompanhando a pequena curvatura das costelas radiais. Margem póstero-dorsal na maioria dos casos sub-reta. Margem ventral arredondada. Ornamentação constituída de costelas radiais, próximas, com cerca de 1 mm de largura, entre as quais, algumas vezes, se alternam outras mais fracas. Em número as costelas são superiores a 25, apresentam nítidas cicatrizes espinhosas e se distribuem de tal sorte a exibir, na maioria dos casos, ligeira concavidade voltada para a região posterior. Nas proximidades da região ventral, a superfície da concha apresenta, em alguns casos aspecto imbicado (MUNIZ 1993, p. 70).

Paleoecologia: epifaunal séssil, suspensívoro, marinho associado a corais. (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: O gênero *Plicatula* e o subgênero de mesmo nome aparecem no Triássico Médio (Ladiniano) ao Recente (COX et al., 1969 - 1971).

Superfamília LIMIDEA Rafinesque, 1815

Família LIMIDAE Rafinesque, 1815

Gênero *Acesta* Adams e Adams, 1858

Espécie-tipo: *Ostrea excavata* Fabricius, 1780

Acesta paraibensis Muniz, 1993

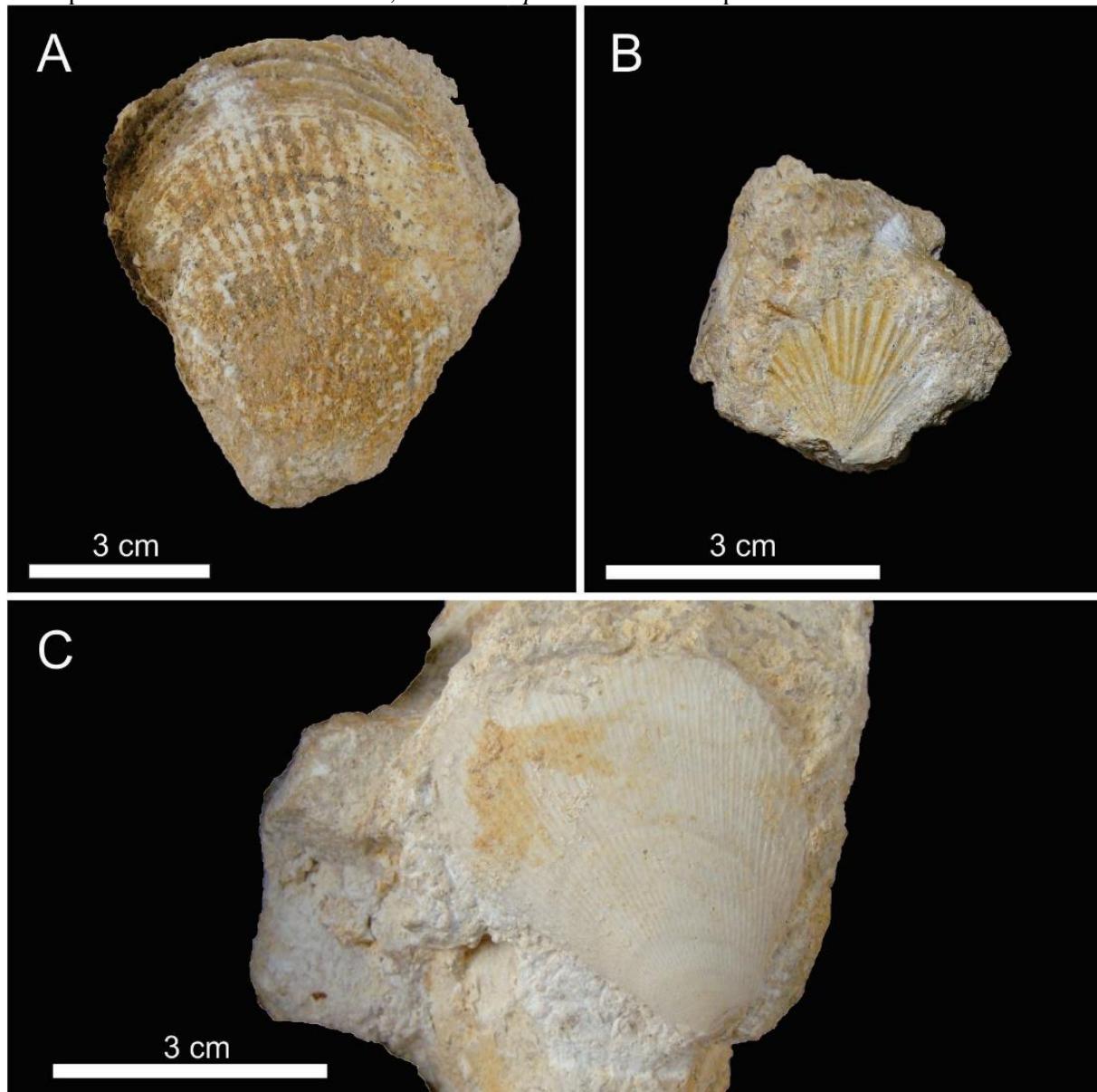
(Figura: 18C)

Diagnose: Concha de tamanho médio, sub-oval, dotada de costelas radiais de topo arredondado, aqui e ali sinuosas, do tipo acanalado; um fino cordão intercalar se desenvolveu na porção correspondente a cerca da metade inferior ou ventral (MUNIZ 1993, p. 72).

Paleoecologia: epifaunal séssil, suspensívoro. Ambiente marinho a lagunar (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: o gênero *Acesta* aparece no Jurássico até o Recente (COX et al., 1969 - 1971).

Figura 18 - A – *Plicatula?* Parátipos: DGEO-CTG-UFPE 2865; B – *Neitheia (Neitheia) bexarensis* Parátipos: DGEO-CTG-UFPE 2843; C – *Acesta paraibensis* Holótipo: DGEO-CTG-UFPE 2917.



Fonte: O Autor.

Superordem OSTREIFORMII Ferussac, 1822

Subordem OSTREINA Férussac, 1822

Ordem OSTREIDA Férussac, 1822

Superfamília OSTREACEA Rafinesque, 1815

Família GRYPHAEIDAE Vialov, 1936

Subfamília PYCNODONTEINAE Stenzel, 1959

Genero *Pycnodonte* Fischer de Waldheim, 1835

Subgênero *Phygraea* Vyalov, 1936

Pycnodonte?

(Figura: 19C)

Espécie-tipo: *Gryphaea* (*Gryphaea*) sec. *Phygraea frauscheri* Vyalov, 1936

Sinonímia: As sinônimas desta espécie possuem uma lista demasiadamente grande. De modo que podem ser consultadas em Woods (1899 - 1913); Wade (1926) e Darteville e Freneix (1957).

Diagnose: Concha grande, maciça, muito variável em forma, contorno e tamanho, predominando o contorno assemelhado a uma pera, onde o lado dorsal é o mais estreito. Valva esquerda fortemente convexa com umbo bem encurvado; este último fica frequentemente deformado pela área ou cicatriz de fixação da valva. A margem póstero-dorsal é ligeiramente côncava e geniculada, permitindo assim a formação de uma aba posterior que quase sempre se separa do corpo principal da concha por um sulco radial, que desce até a margem póstero-ventral. Valva direita subplana ou mais frequentemente côncava (MUNIZ 1993, p. 73).

Paleoecologia: epifaunal fixo, suspensívoro. Marinho raso a lagunar (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: O gênero *Pycnodonte* se distribui do Cretáceo ao Mioceno, o mesmo ocorrendo com o subgênero *Phygraea* tendo ambas amplitude mundial (COX *et. al.* 1969 - 1971).

Família OSTREIDAE Rafinesquem, 1815

Ostrea sp.

(Figura: 19A)

Diagnose: Concha grande, da qual apenas pode ser observadas algumas características internas. A forma é subovalada, quase suborbicular, um pouco mais alta que longa. A área cardial é subtriangular encurvada e nela, tanto no resilífero como nas dobras laterais cardinais, podem ser observadas as camadas de crescimento anual. O resilífero pouco profundo apresenta uma largura máxima aproximadamente equivalente às larguras máximas das dobras laterais cardinais; a extremidade ventral do referido resilífero é bastante convexa. O comprimento da linha da charneira é 37 mm. A máxima largura do rosilífero é 12 mm. A altura é 17 mm (MUNIZ 1993, p. 76).

Paleoecologia: Epifaunal fixo. Suspensívoro (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: Ocorre do Permiano ao Recente (FOSSILWORKS, 2017).

Superfamília CRASSATELLACEA Féruccac, 1822

Família ASTARTIDAE d'Orbigny, 1844

Subfamília OPINAE Chavan, 1952

Gênero *Coelopis* Munier-Chalmas, 1887

Subgênero *Coelopis* Munier-Chalmas 1887

Espécie-tipo: ``*Opis lunulata* Miller''

Coelopis (Coelopis) brasiliensis Muniz, 1993

(Figura: 19B)

Diagnose: Concha grande, com umbus acentuadamente prosógiros e bastante encurvados. Lúnula de grandes dimensões e bastante profundas; em cada valva, nos adultos, a cavidade lunular mede cerca de 32 mm x 22 mm x 8 mm de profundidade, para uma valva medindo 60 mm de comprimento por 80 mm de altura. Ornamentação de fortes e angulosas costelas concêntricas dispostas da região anterior até a primeira e mais forte carena (MUNIZ 1993, p. 80).

Paleoecologia: Infaunal suspensívoro. Marinho pouco profundo a raso (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: O subgênero *Coelopis* distribui-se do Triássico Médio ao Cretáceo, ao passo que o subgênero *Opis* do gênero *Opis* aparece no Jurássico Inferior e chega até ao Cretáceo Superior (COX *et. al.* 1969 – 1971).

Superfamília CRASSATELLACEA autor ano

Família ASTARTIDAE d'Orbigny 1844

Subfamília OPINAE Chavan 1952

Gênero *Coelopis* Munier-Chalmas 1887

Subgênero *Coelopis* Munier-Chalmas 1887

Espécie-tipo: “*Opis lunulata* Miller”

Coelopis?

(Figura: 19B)

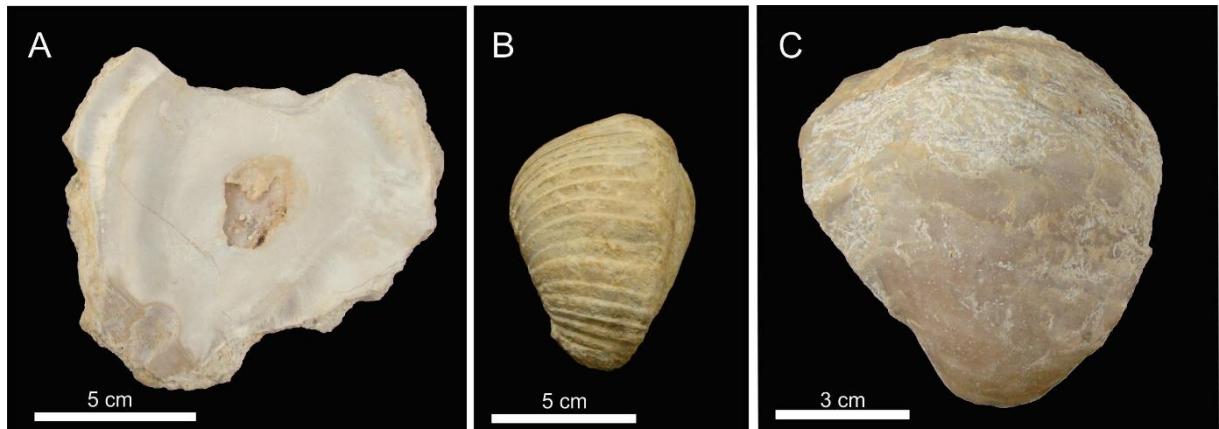
Coelopis (Coelopis) brasiliensis Muniz (1993)

Diagnose: Concha grande, com umbus acentuadamente prosógiros e bastante encurvados. Lúnula de grandes dimensões e bastante profundas; em cada valva, nos adultos, a cavidade lunular mede cerca de 32 mm x 22 mm x 8 mm de profundidade, para uma valva medindo 60 mm de comprimento por 80 mm de altura. Ornamentação de fortes e angulosas costelas concêntricas dispostas da região anterior até a primeira e mais forte carena (MUNIZ 1993, p. 80).

Paleoecologia: Infaunal suspensívoro. Marinho pouco profundo a raso (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: O subgênero *Coelopis* distribui-se do Triássico Médio ao Cretáceo, ao passo que o subgênero *Opis* do gênero *Opis* aparece no Jurássico Inferior e chega até ao Cretáceo Superior (COX *et. al.* 1969 – 1971).

Figura 19 - A – *Ostrea* sp. Parátipos: DGEOT-CTG-UFPE 3196; B – *Coelopsis (Coelopsis) brasiliensis* Holótipo: DGEOT-CTG-UFPE 3265; C – *Pycnodonte (Phygraea) vesicularis* Parátipos: DGEOT-CTG-UFPE 2923.



Fonte: O Autor.

Classe GASTROPODA Cuvier, 1797

Ordem SOBREOCONCHA Ponder and Lindberg, 1997

Superfamília CAMPANILOIDEA Douvillé, 1904

Família CAMPANILIDAE Douvillé, 1904

Genero Camapnile Bayle (in. P. Fischer), 1884

Espécie-tipo: Cerithium giganteum (Lamarck)

Campanile brasiliense Maury 1930

(Figura: 20B)

1930 *Cerithium (Camanile) brasiliense* Maury

1953 *Cerithium brasiliense* Magalhães e Mezzalira

Diagnose: O molde inclui 7/12 voltas, o ápice não estando conservado, e mede 135 mm de altura por 78 mm no maior diâmetro. Uma estimativa aproximada da altura total dá 160 mm. O molde esta bem achatado, aparentemente por pressão, de modo que a base me 78 x 63 mm. Suturas impressas, lineares, voltas muito convexas (MAURY 1930, p. 244).

Material: DGEOT-CTG-UFPE 8517

Paleoecologia: Epifaunal, pastador. Ambiente marinho carbonático, zona de transição/antepraia inferior e estuarino (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: O gênero *Campanile* aparece no Cretáceo Superior, Maastrichtiano até o recente (WENZ, 1938 - 1944).

Superordem HYPSOGASTROPODA Ponder and Lindberg, 1997

Superfamília STROMBOIDEA Rafinesque, 1815

Família TYLOSTOMATIDAE Stoliczka, 1868

Genero PTERODONTA d'Orbigny, 1842

Espécie-tipo: *P. inflata*

Pterodonta? grammensis Muniz, 1993

(Figura: 20A)

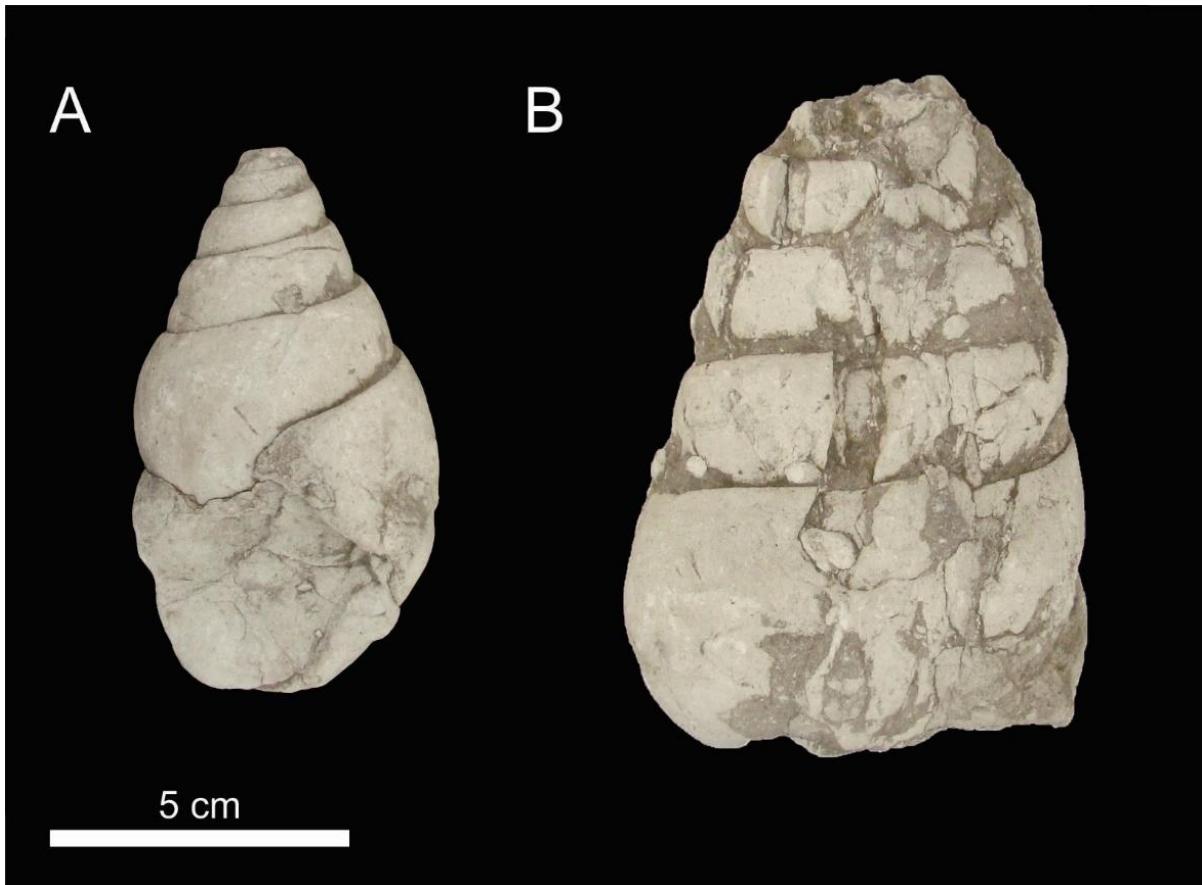
Diagnose: Concha grande, podendo atingir mais de 100 mm de altura e umm diammetro máximo da ordem de 60 mm, oval alongada, com espira acuminada (MUNIZ 1993, p.125).

Material: DGEO-CTG-UFPE 8516

Paleoecologia: Epifaunal, detritívoro. Marinho raso (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: O gênero *Pterodonta* se distribui no Cretáceo, do Cenomaniano ao Senomaniano (WENZ, 1938 - 1944). Na Bacia da Paraíba e Bacia de Pernambuco ocorre no último andar do Cretáceo Superior, o Maastrichtiano (MUNIZ, 1993).

Figura 20 - A – *Pterodonta? grammamensis* DGEO-CTG-UFPE 8516. B – *Campanile brasiliense* DGEO-CTG-UFPE 8517.



Fonte: O Autor.

Filo MOLLUSCA, Cuvier 1797

Classe CEPHALOPODA, Cuvier, 1797

Ordem AMMONOIDEA Von Zittel, 1884

Subordem AMMONITINA Hyatt, 1889

Superfamília DESMOCERATACEAE Zittel, 1895

Família PACHYDISCIDAE Spath, 1922

Gênero *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) Zittel, 1884

Espécie tipo: *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) *jacquoti* Seunes (1890).

(Figura: 21 C e D)

1890 *Pachydiscus jacquoti* Seunes

1960 *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) *llareni* Wiedmann. - Wiedmann

1964 *Pachydiscus* (*Pachydiscus*) *llareni* Wiedmann. - Wiedmann

- 1986 *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti* Seunes - Kennedy
 1986 *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti* Seunes. - Kennedy
 1987 *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti* Seunes. - Kennedy
 1993 *Pachydiscus jacquoti jacquoti* Seunes. - Ward e Kennedy

Diagnose: Possui concha moderadamente evoluta, seção traversal arredondada levemente comprimida, o umbílico moderadamente profundo, ornamentação com costelas que ocorrem no umbílico onde são mais estreitas e no flanco externo onde ficam mais espaçadas (SOBRAL, 2011).

Material: DGEO-CTG-UFPE N° 7770, 7771, 7772, 7773 e 7774.

Paleoecologia: Carnívoro nectônico, móvel (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrências: Cretáceo (FOSSILWORKS, 2017).

Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus von Hauer (1858)
 (Figura: 21A e B)

- 1958 *Ammonites neubergicus* Von Hauer
 1986 *Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus* von Hauer, 1858 – Kennedy & Summesberger
 1993 *Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus neubergicus* (Hauer, 1858) – Ward & Kennedy
 2001 *Pachydiscus neubergicus* – Kennedy & Odin
 2001 *Pachydiscus neubergicus* von Hauer, 1858 – Courville & Odin
 2001 *Pachydiscus neubergicus* – Odin
 2001 *Pachydiscus neubergicus* (von Hauer) 1858 – Kuchler

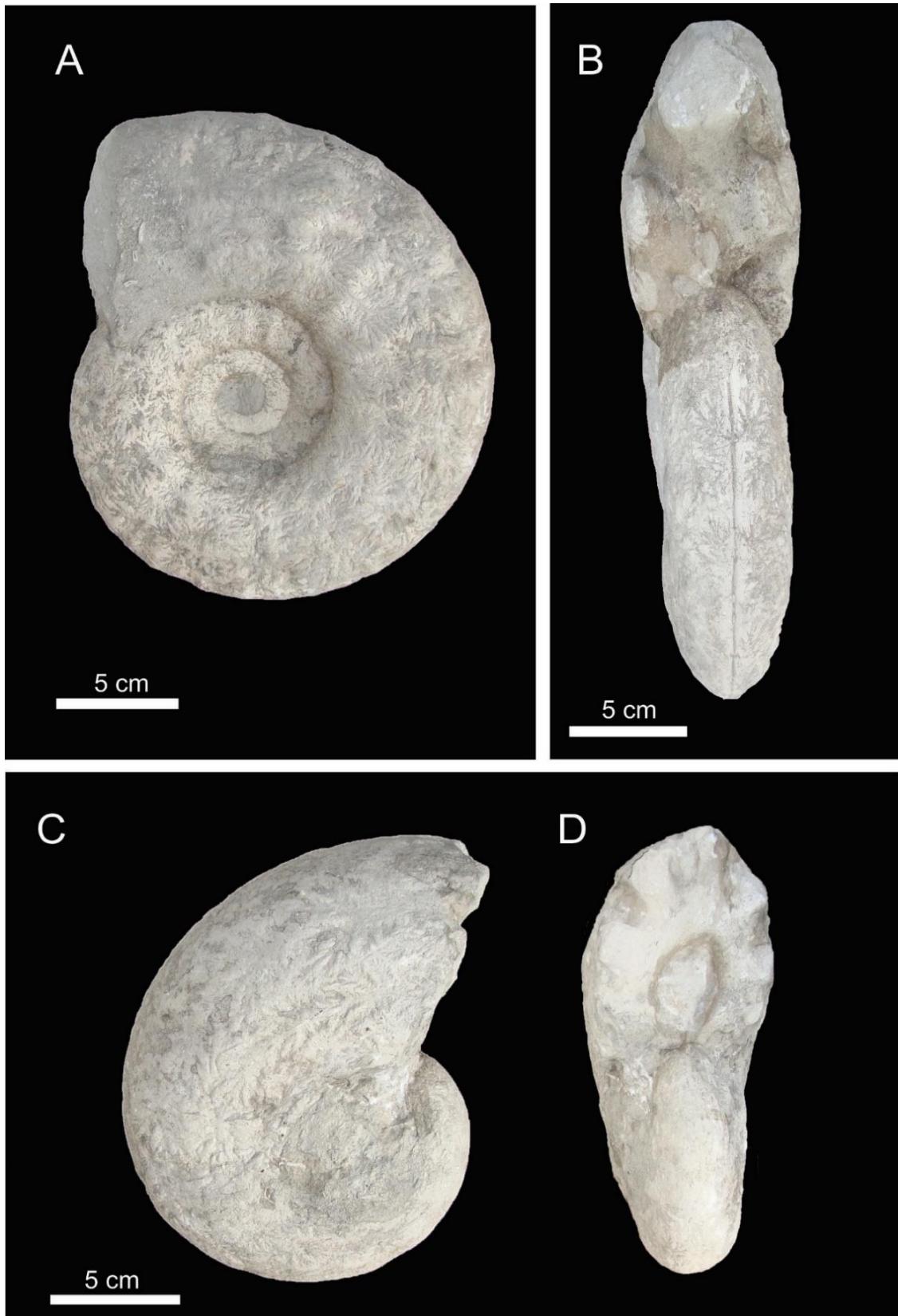
Diagnose: Possui concha moderadamente evoluta, seção transversal oval e comprimida, parede do umbílico rasa e ampla, flancos exteriores são convexos, ornamentação com costelas presentes na região umbilical e continuam nos flancos, sutura levemente visível e aparentemente bifida (SOBRAL, 2011).

Material: DGEO-CTG-UFPE N° 7775, 7776, 7777, 7778, 7779, 7780, 8510, 8511, 8512, 8513 e 8514.

Paleoecologia: Carnívoro nectônico em movimento rápido (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrências: Cretáceo (FOSSILWORKS, 2017).

Figura 21 - A – *Pachydiscus neubergicus* vista lateral direito DGEO-CTG-UFPE N° 8512; B – *Pachydiscus neubergicus* vista frontal DGEO-CTG-UFPE N° 7777. C – *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti* vista lateral esquerdo DGEO-CTG-UFPE N° 7771; D – *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti* vista frontal DGEO-CTG-UFPE N° 7771.



Fonte: O Autor.

Filo ARTHROPODA Latreille, 1829
 Subclasse MALACOSTRACA Latreille, 1802
 Orden DECAPODA Latreille, 1802
 Família RETROPLUMIDAE Gill, 1894

Ophthalmoplax brasiliiana Maury (1930)
 (Figura: 22A)

1930 *Zanthopsis brasiliiana* Maury
 1935 *Zanthopsis brasiliiana* Rathbun

Diagnose: Um espécime de um grande caranguejo macho, duas vezes e meia maior do tipo *Zanthopsis cretacea*. Falta à parte frontal da carapaça, incluindo as orbitas, porém quando completa, ela provavelmente se extendia para diante até a linha de frente dos chelípedes, o que deveria dar ao espécime uma medida aproximadamente de 11 x 90 milímetros, em comprimento e largura da carapaça. As sibas ou bossas da superfície dorsal são muito menores, baixas e menos salientes do que na *Zanthopsis cretacea*. A superfície ventral está em grande parte encoberta pela matriz, porém quatro somites abdominais podem ser observados, o terceiro sendo maior. Dos chelípedes, estão conservados o mero e o propodo e apresentam espinhas tuberculares muito acentuadas (MAURY 1930, p. 110).

Material: DGEO-CTG-UFPE N° 8518

Paleoecologia: Carnívoro de ambiente marinho (MAURY, 1930).

Ocorrência: Maastrichtiano do Cretáceo superior, Bacia da Paraíba e Bacia de Pernambuco (MAURY, 1930).

Filo ECHINODERMATA Klein, 1734
 Classe ECHINOIDEA Leske, 1778
 Ordem SPATANGOIDA Agassiz, 1840
 Família HEMIASTERIDAE Clark, 1917
Hemiaster Agassiz (1847)

Hemiaster cf. jacksoni

(Figura: 22D)

Hemiaster jacksoni Maury (1930)

1887 *Hemiaster cistatus?* White

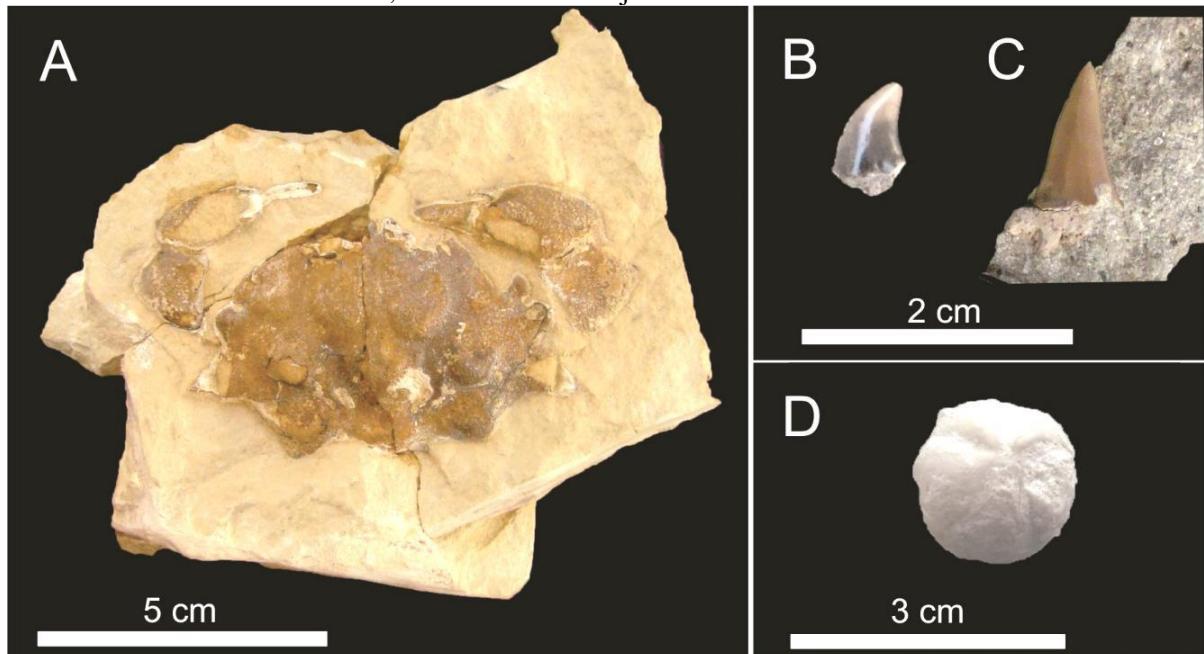
1925 *Hemiaster jacksoni* Maury

Diagnose: O texto é muito mais baixo, o periprocto mais dorsal, o disco epical e a boca são mais na frente, os petalos ambulacraes mais largos e os petalos superiores I e V são mais propriamente paralelos do que divergentes, como são no verdadeiro *H. cristatus* da Índia (MAURY, 1930).

Paleoecologia: Alimentador de depósito infaunal raso lento-detritívoro (FOSSILWORKS, 2017).

Ocorrência: Cretáceo (MANSO e SOUZA-LIMA 2003; SMITH e BENGSTSON 1991; MAURY 1930).

Figura 22 - A – *Ophthalmoplax brasiliiana* DGEO-CTG-UFPE N° 8518; B e C – *Cretolamna?* DGEO-CTG-UFPE N° 8515; D – *Hemiaster cf. jacksoni* DGEO-CTG-UFPE N° 8520.



Fonte: O Autor.

Filo CHORDATA Bateson, 1885
 Subfilo VERTEBRATA Cuvier, 1812
 Superclasse GNATHOSTOMATA
 Subclasse ELASMOBRANCHII Bonaparte, 1838
 Coorte EUSELACHII Hay, 1902
 Subcoorte NEOSELACHII Compagno, 1977
 Superordem GALEOMORPHII Compagno, 1973
 Ordem LAMNIFORMES Berg, 1958
 Família CRETOXYRHINIDAE Gluckman, 1958
 Gênero *Cretolamna* Gluckman, 1958

Cretolamna?

(Figura: 22B e C)

1817 *Lamna* Cuvier

Diagnose: O gênero *Cretolamna* possui dentes de tamanho médio, em torno de três centímetros de altura, com coroa triangular sendo um pouco larga em sua base, e de um a três pares bem desenvolvidos de cúspides laterais, divergentes ou não. A coroa é delgada e o esmalte liso. A raiz falta um sulco e geralmente tem uma protuberância lingual bem marcada; os lobos da raiz são curtos, alongados nos dentes laterais, e frequentemente com extremidades achadas. As bordas marginais da raiz são frequentemente retas e nos dentes laterais a borda basal é medianamente côncava (CAPPETTA, 1987).

Material: DGEQ-CTG-UFPE N° 8515

Paleoecologia: Carnívoro nectônico de ambientes marinho litoral, marinho marginal, águas profundas, *offshore*, carbonato, estuário/baía, Subterrâneo superficial, litoral, reabastecimento de canais finos, prateleira *offshore* (SILVA, 2007; FOSSILWORK, 2017).

Ocorrência: O gênero ocorre do Cretáceo Inferior (Albiano) ao Eoceno Inferior (AGASSIZ 1843; SILVA *et. al.* 2007; SILVA 2007).

5.3 Estratigrafia e Litofácies da Pedreira do Róger

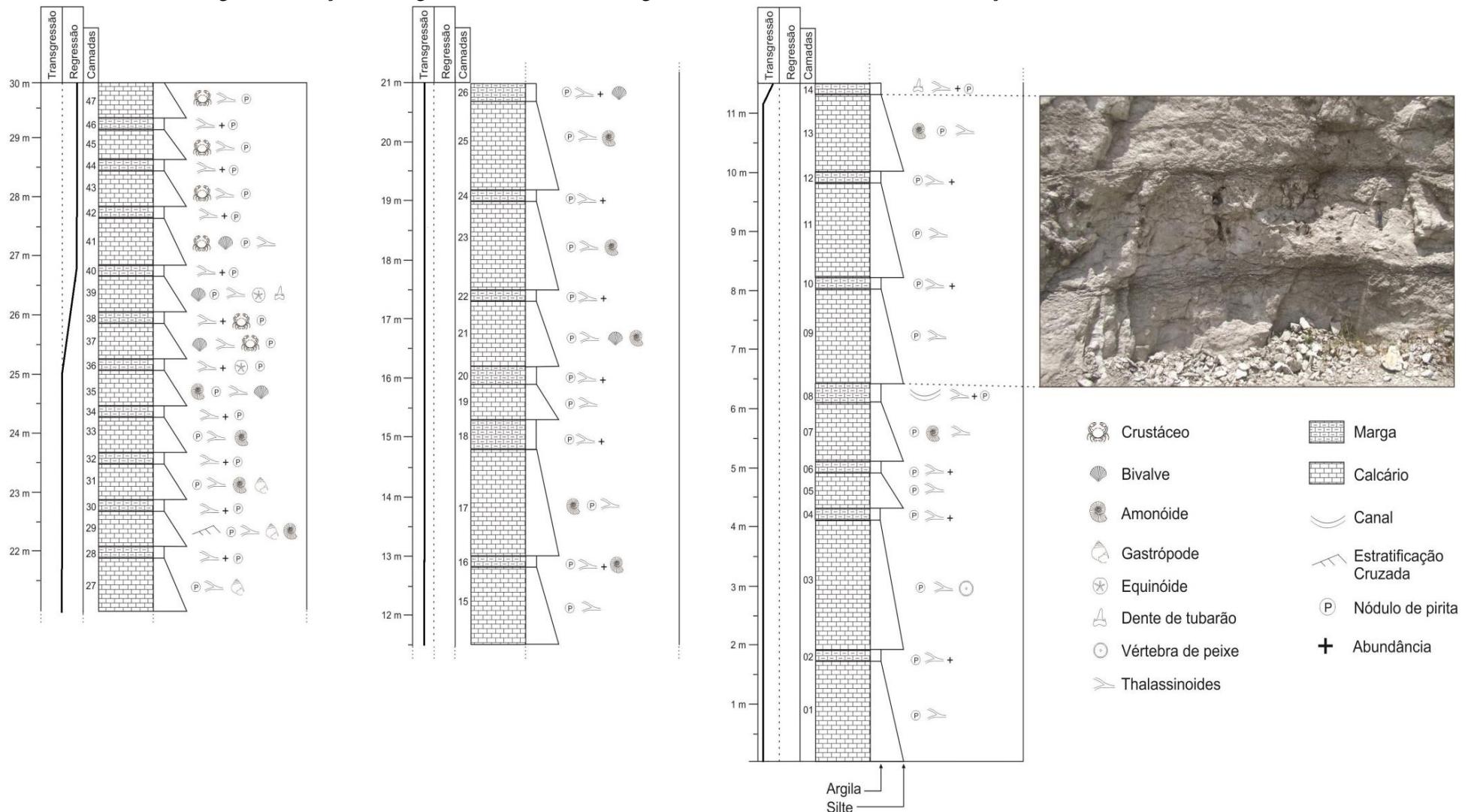
A seção da Formação Gramame na Pedreira do Roger tem uma espessura de 30 metros e apresenta um total de 47 camadas. Sua litologia possui características homogêneas, consistindo de alternância das litofácies *Mudstone/Wackestone* (M/W) e *Mudstone/Wackestone* argiloso (M/Wa). Essas litofácies se diferem uma da outra pela quantidade relativa de argila (figura 23). A tonalidade de cor varia de cinza a amarelado, devido ao intemperismo, pois quanto mais amarelo mais intemperizado.

As litofáceis *Mudstone/Wackestone* possuem espessuras variáveis oscilando entre 0,5 a 2 metros. As camadas dessas litofácies são tabulares decimétricas a métricas de cor cinza claro a creme claro, com base/topo irregulares devido às intensas bioturbações ou, por graduação no topo para *Mudstone/Wackestone* argiloso (M/Wa). São internamente maciços a intensamente bioturbados.

As litofácies *Mudstone/Wackestone* argiloso (M/Wa) possuem uma espessura média de 20 cm, porém algumas camadas fogem a regra podendo chegar até 0,5 metros. As camadas dessas litofácies são tabulares centimétricas a deciméticas de cor cinza escuro a cinza claro, com base e topo irregulares por causa da intensa bioturbação.

Os processos diagenéticos observados formaram nódulos de pirita, concreções carbonáticas e fitas de dissolução.

Figura 23 - Seção estratigráfica da Pedreira do Roger com o número da camada e a indicação dos fósseis coletados.



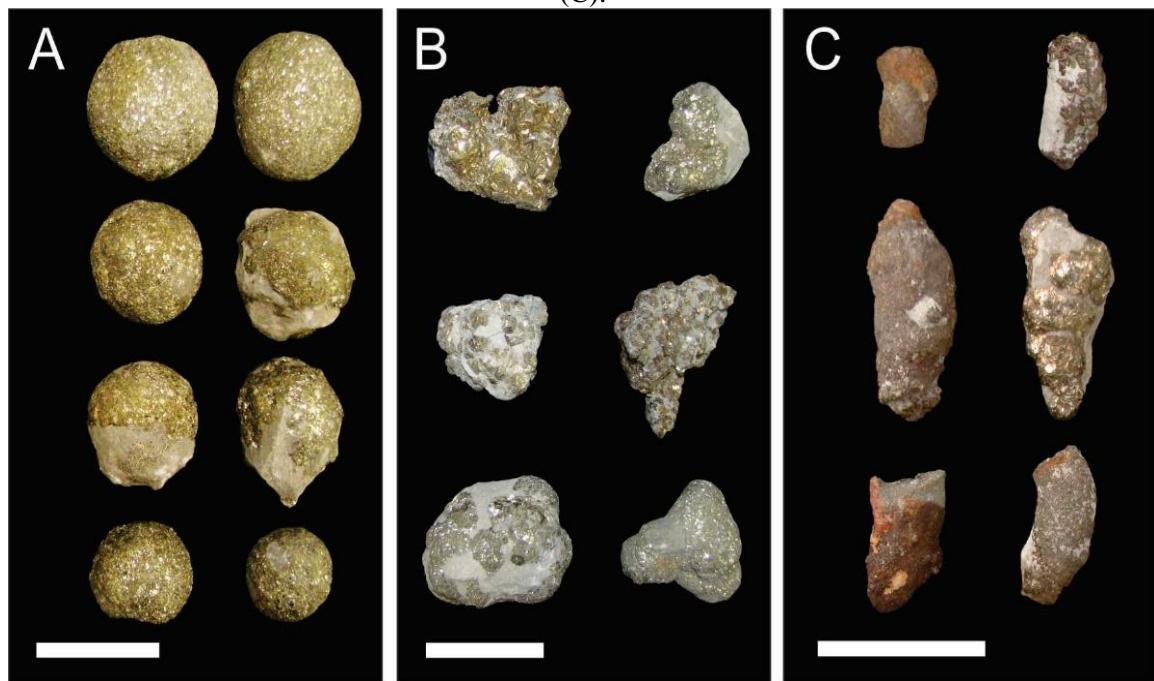
Fonte: O Autor.

5.3.1 Estruturas sedimentares diagenéticas na Pedreira do Roger

Por toda a pedreira foram encontradas estruturas sedimentares diagenéticas como concreções carbonáticas, nódulos de pirita, geodos de calcita e fitas de dissolução (figura 24 e 25). As concreções carbonáticas ocorrem de maneira disseminada nas rochas calcárias, apresentando formas geoidais e irregulares, preenchidas em sua grande maioria por cristais de calcita.

Os nódulos de pirita ocorrem expressivamente por toda a pedreira. Um dos motivos pelo qual despertou a atenção em campo, foram os seus tamanhos e formas bastonadas (tubos alongados), esferoidal e outras. Na Pedreira do Roger, os nódulos de pirita passam a se manifestar de forma mais conspícuia e profusa, a partir da parte central da seção imergindo para a base. Barbosa (2004) sugere que alguns desses nódulos sejam coprólitos.

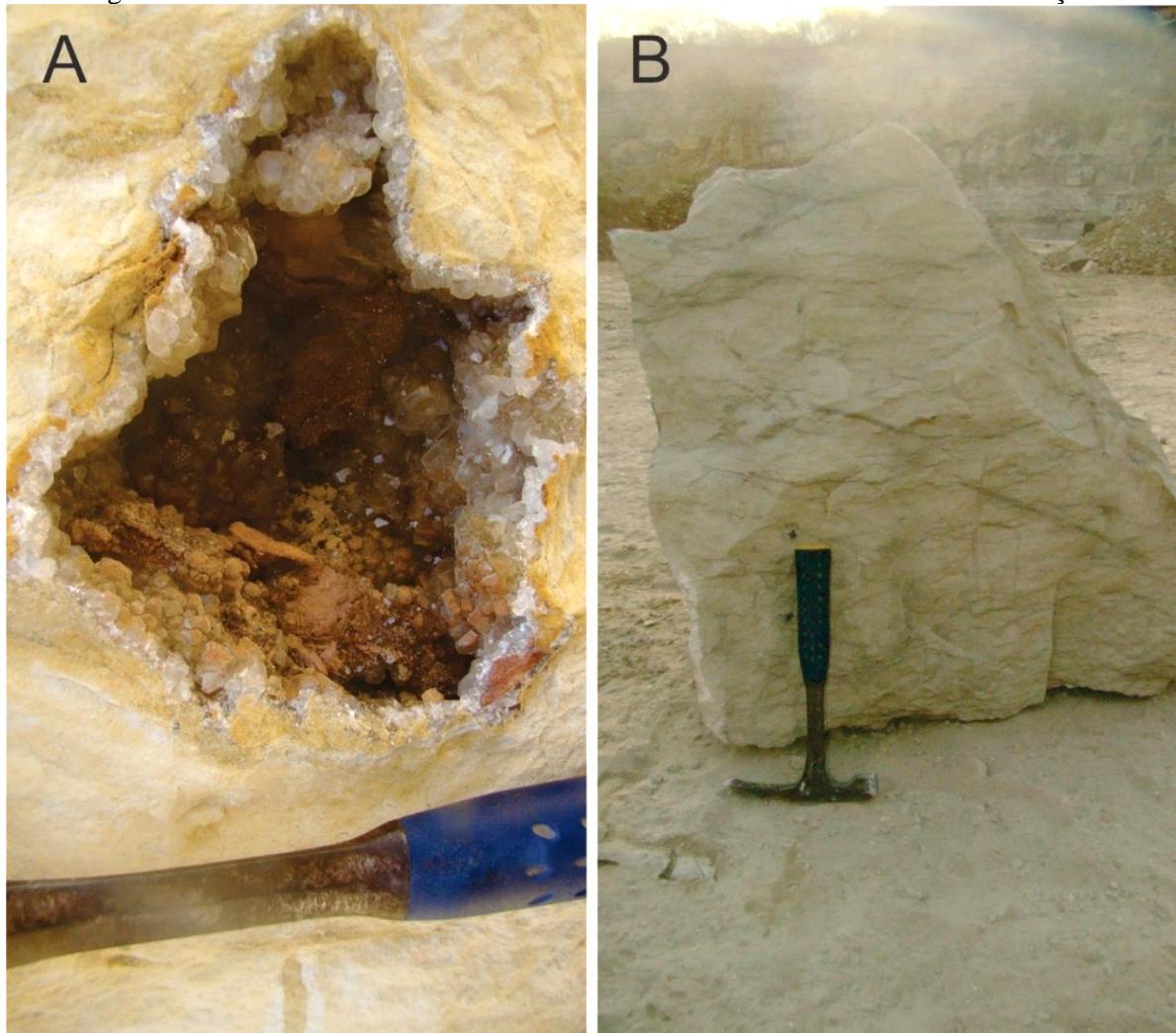
Figura 24 - Nódulos de pirita da Pedreira do Roger, na forma esférica (A) e irregular (B) e bastonada (C).



Fonte: O Autor.

Segundo Piló (2000), a ocorrência da pirita em rochas solúveis, como o calcário, por exemplo, pode ocorrer devido a um processo de oxidação de sulfetos, atribuído ao início do desenvolvimento do carste subterrâneo, onde o ácido sulfúrico é considerado um agente importante.

Figura 25 - A – Geodo de calcita. B – No bloco de calcário ocorrem fitas de dissolução.

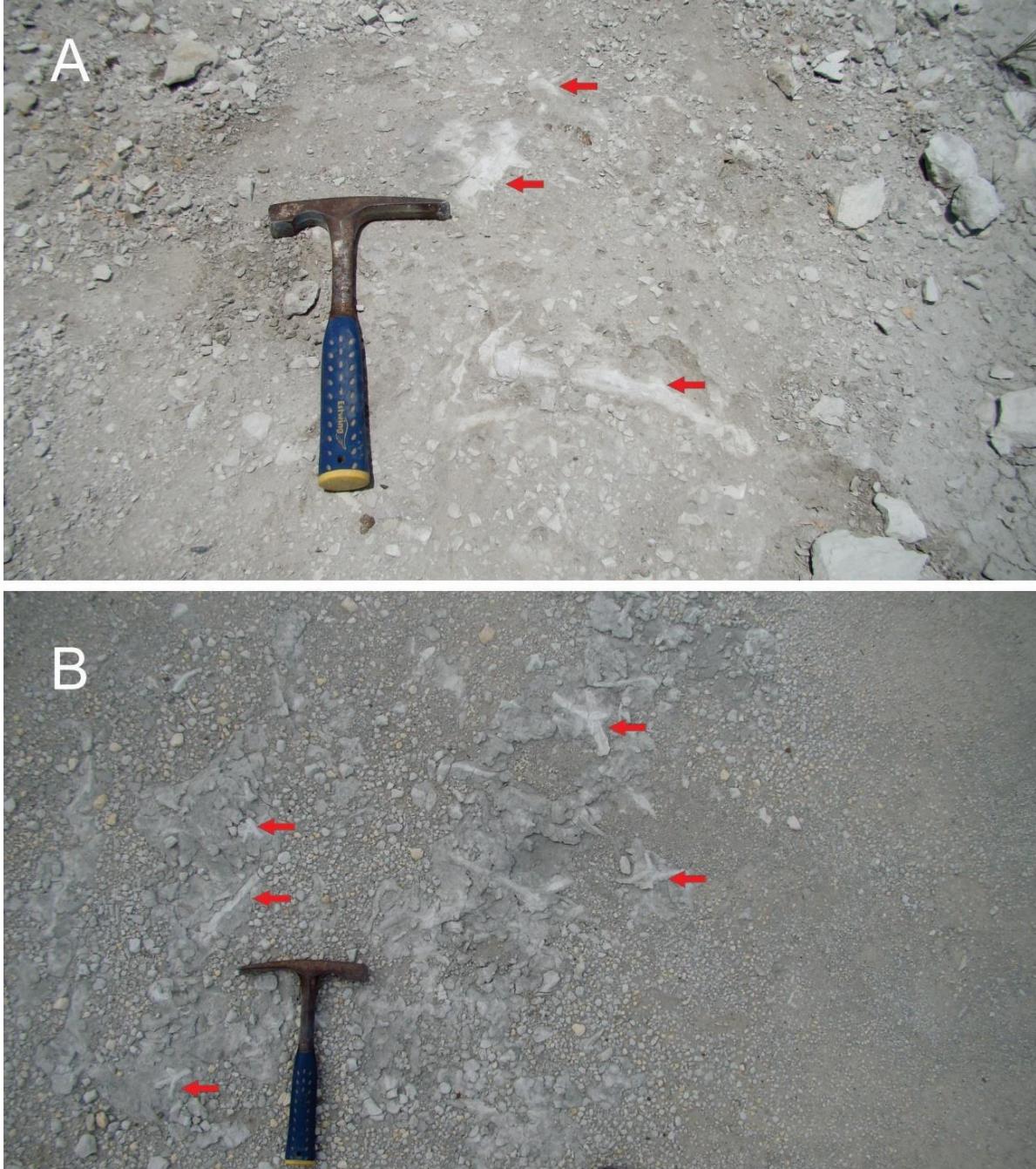


Fonte: O Autor.

5.3.2 Icnofósseis e Icnofauna da Formação Gramame

A icnofauna observada na Pedreira do Roger, corresponde ao icnogênero *Thalassinoides*, que se manifesta de maneira abundante por toda a pedreira, predominando principalmente na litofácies margosas. (figura 26).

Figura 26 - As imagens A e B indicados por uma seta vermelha apontam tubos de Thalassinoides de vários tamanhos. Thalassinoides ocorrem por toda a pedreira principalmente nas litofácies margosa.



Fonte: O Autor.

Segundo Ekdale e Stinnesbeck (1998), os crustáceos, principais grupos dos quais são gerados o icnogênero *Thalassinoides*, não são os indicadores mais apropriados para parâmetros ambientais, pelo fato deles serem encontrados em diversas condições de salinidade, de águas continentais, marinha até hipersalinas. Eles vivem em várias condições de oxigenação desde aeróbicas até disaeróbicas, de modo que também podem escavar diferentes tipos de substratos.

5.4 Bioestratigrafia dos Nanofósseis Calcários da Pedreira do Roger

Os nanofósseis calcários foram utilizados nesta pesquisa com o intuito de ampliar e diversificar o conhecimento micropaleontológico na área de estudo. E, como resultado, foram confeccionadas e analisadas um total de sete lâminas delgadas. Estas foram descritas, e caracterizadas quanto à diversidade e abundância. Foram catalogadas fotografias das diversas espécies encontradas no afloramento (*in situ*) da Pedreira do Roger (apêndice: 1 e 2).

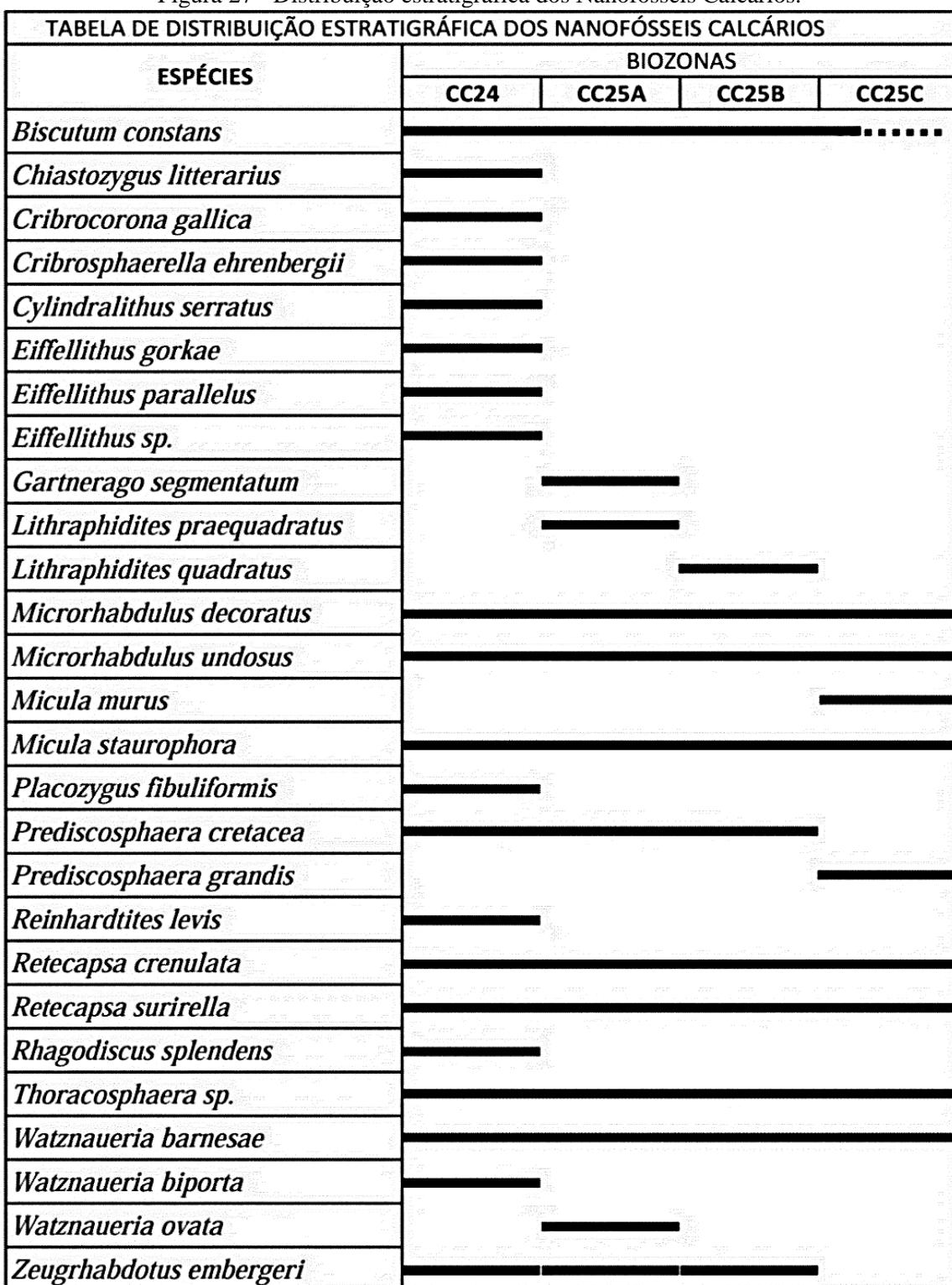
De acordo com a distribuição dos nanofósseis ao longo da seção, foram identificados duas Biozonas: CC24 e CC25, de modo que para esta ultima Biozona foram encontrados 3 Subzonas: CC25A, CC25B e CC25C (figura: 27). Neste contexto os seguintes intervalos, da base para o topo se configuraram-se da seguinte forma: Biozona CC24 (Intervalo: Camada 7 a 11), Biozona CC25 A (Intervalo: Camada 14) e a Biozona CC25 B (Intervalo: Camada 16) e CC25C (Intervalo 41). No quadro 5 segue as ocorrências das biozonas por camada, abundância e riqueza específica.

Quadro 5 - Ocorrência das Biozonas por camada, Abundância e Riqueza específica.

Biozonas	Camadas	Abundância	Riqueza Específica
CC24	7 a 11	3 a 10	11 a 15
CC25 A	14	11	11
CC25 B	16	9	3 a 6
CC25 C	41	7 a 9	4 a 6

Fonte: O Autor.

Figura 27 - Distribuição estratigráfica dos Nanofósseis Calcários.



Fonte: O Autor.

Dentre os vários arcabouços bioestratigráficos encontrados na literatura para o Maastrichtiano optou-se pela proposta de Perch-Nielsen (1985), a qual compilou Sissingh, (1977) e Roth (1978), como a mais indicada para este trabalho, resultando em um importante

detalhamento bioestratigráfico. Perch-Nielsen (1985) empregou amostras de testemunhos cortados em poços do *Deep Sea Drilling Project* (DSDP), isentas de contaminações. Sendo assim, levando em consideração a primeira e última ocorrência dos nanofósseis calcários (LIMA, 2002).

6 PALEOECOLOGIA E VARIAÇÕES DO PALEOAMBIENTE NA PEDREIRA DO ROGER

Lira et al., (2007) aponta que o registro fossilífero é um dos principais instrumentos para investigação dos acontecimentos pretéritos na Terra. E que segundo Silva (2008), a reconstituição paleoambiental nos é permitida uma vez que as exigências ambientais e ecológicas de organismos fósseis são comparadas com a de organismos atuais que lhe são parentados. Diante destes teóricos, esta discussão tem por embate, propor possíveis inferências paleoambientais e paleobatimétricas da Pedreira do Roger.

A partir da associação fossilífera observada ao longo de 30 metros da seção, pode-se perceber da base para o topo a ocorrência de dois paleoambientes na Pedreira do Roger, e uma transição entre os dois ambientes. Inicialmente ocorre o marinho profundo a partir da camada 1 até a camada 26 (0 a 21 metros) sugerido pelo domínio de organismos de hábito nectônico (amonóides e peixes ósseos); e posteriormente o marinho raso onde é caracterizado pela predominância de elementos bentônicos (moluscos, equinoide, crustáceos) indicativo de águas marinhas mais rasas, a partir da camada 35 até a camada 47 (24,5 a 30 metros).

Quadro 6 - Fósseis da Pedreira do Roger coletados por camada.

Fósseis coletados por camada na Pedreira do Roger em João Pessoa/PB	
Camadas	Táxons
47	Decápoda: Fragmentos de crustáceos não identificados
46	-
45	Decápoda: Fragmentos de crustáceos não identificados
44	-
43	Decápoda: Fragmentos de crustáceos não identificados
42	-
41	Bivalvios: <i>Acesta Paraibensis</i> e <i>Ostrea</i> ?; Decápoda: <i>Ophthalmoplax brasiliiana</i>
40	-
39	Bivalvios: 5 fragmentos não identificados; <i>Plicatula</i> ; <i>Coelopis</i> ?; <i>Acesta paraibensis</i> ; <i>Neitheia (Neitheia) bexarensis</i> ; <i>Pycnodonte</i> ?; <i>Coelopis (Coelopis) brasiliensis</i> (1); Equinoide: <i>Hemiaster cf. jacksoni</i> ; Vertebrado: Dente de tubarão: <i>Cretolamna</i> ?
38	Decápoda: Fragmento não identificado
37	Bivalvios: fragmentos não identificados; Decápoda: Fragmentos não identificados;
36	Equinoide: <i>Hemiaster cf. jacksoni</i>
35	Bivalvios: fragmento não identificado; Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
34	-
33	Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>

32	-
31	Gastrópode: fragmento não identificado; Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
30	-
29	Gastrópode: <i>Campanile brasiliense</i> ; Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
28	-
27 -	Gastrópode: <i>Pterodonta? grammamensis</i>
26	-
25	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i> ; <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
24	-
23	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i> ; <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
22 -	-
21 -	Bivalvios: <i>Pycnodonte?</i> ; Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti</i>
20 -	-
19 -	-
18 -	-
17	Amonoide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
16	Amonoide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
15	-
14	Vertebrado: Dente de tubarão: <i>Cretolamna?</i>
13	Amonóides: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
12	-
11	-
10	-
9	-
8	-
7	Amonóide: <i>Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus</i>
6	-
5	-
4	-
3	Vertebrados: fragmentos de vértebras de peixe
2	-
1	-

Fonte: O Autor.

No quadro 6 ocorre a reprodução das ocorrências dos fósseis por camada para um melhor entendimento da discussão. Entre as camadas 27 e 35 (21 a 24,5 metros) ocorre uma transição de passagem do ambiente marinho profundo para o ambiente marinho raso, em que ocorrem nesse intervalo, organismos de hábito nectônico (amonóides) e bentônicos (bivalve e gastrópodes).

6.1 Ambiente Marinho de Plataforma Profundo a Intermediário

Realizando uma avaliação das ocorrências fósseis desse ambiente em um trecho de cerca de 25 metros de espessura, da base para o topo da sequência, da Pedreira do Roger, verificou-se a primeira ocorrência de vertebrados na camada 3 onde surgem vértebras de peixe. Já nas camadas 7 e 13 ocorrem os primeiros amonoides *Pachydiscus (P.) neubergicus*. Posteriormente, nas camadas 14, 16 e 17, estão presentes respectivamente: dente de tubarão do gênero *Cretolamna* e amonoides: *Pachydiscus (P.) neubergicus*. Na camada 21 há a primeira ocorrência de *Pachydiscus (P.) jacquoti*. Em sequência, os *Pachydiscus (P.) neubergicus* e o *Pachydiscus (P.) jacquoti* aparecem associados nas camadas 23 e 25. Após a camada 25, os amonóides começam a ser menos frequentes, estando presentes apenas nas camadas 29 (*Pachydiscus (P.) jacquoti*) e nas camadas 31, 33 e 35 (*Pachydiscus (P.) neubergicus*).

Fazendo uma análise da relação de dominância de grupos de hábito bentônico/planctônico e diversidade das ocorrências, percebe-se que os amonóides representam 80% do material estudado. De acordo com Writh et al., (1996), os amonóides encontrados podem ter flutuado e levados para longe do ambiente de vida. Porém, devido ao seu histórico de ocorrências na Formação Gramame, além do excelente estado de conservação de *Pachydiscus (P.) jacquoti* e *Pachydiscus (P.) neubergicus*, aponta-se uma assembleia autóctone, podendo indicar que foram soterrados próximo dos lugares onde viveram, sugerindo a ideia de marinho profundo (SOBRAL, 2010 e 2011).

Sobral (2011) afirma que o Campaniano Superior da Bacia da Paraíba foi habitado por amonóides das espécies: *Pachydiscus (Pachydiscus) jacquoti*, *Sphenodiscus lobatus*, *Hipophyloceras (N.) surya*, *Gaudryceras varicostatum*, *Axonoceras cf. compressum* e *Axonoceras pingue*, que habitavam um ambiente de domínio nerítico profundo entre 100 e 200 metros, apresentando conchas evolutas favorecendo a migração horizontal e vertical. E que os *Pachydiscus (Pachydiscus) neubergicus* são considerados fósseis-guia para a base do Maastrichtiano como assim propôs Cristensen et al., (2000).

Rich et al., (1997) no que trata de aspectos paleoecológicos, consideram que há um consenso de que os amonóides viveram raramente em águas rasas em proximidades com a costa, onde ocorrem depósitos arenosos. Segundo estes autores os amonoides não habitavam baías de águas salobras, córregos, deltas e lagoas. Dsta foram os amonóides atingiram sua maior abundância e variedade em níveis marinhos entre 37 e 180 metros de profundidade.

Dos vertebrados presentes ao longo do perfil estratigráfico encontra-se os dentes de tubarões do gênero *Cretolamna?* (camadas 14 e 39) e vértebras de peixe, não identificado (camada 3). A presença dos vertebrados também corrobora com a ideia de ambiente marinho profundo, nesses níveis estratigráficos (Silva, 2007).

Com base nas ocorrências fósseis e seus aspectos paleoecológicos pode-se estimar uma Plataforma profunda a intermediária para as Formação Gramame na porção basal da Pedreira do Roger (entre 0 e 21 metros).

6.2 Transição entre o Marinho Profundo e o Marinho Raso

Neste âmbito, partindo da camada 27, tem-se a primeira ocorrência do gastrópode *Pterodonta? gramamensis*. Na camada 29, o *Pachydiscus (P.) jacquoti* ocorre juntamente com o gastrópode *Camapanile brasiliense*. Em sequência, o *Pachydiscus (P) neubergicus* aparece com gastrópodes não identificados na camada 31. Na camada 33 o *Pachydiscus (P.) jacquoti* apresenta-se isolado. Na camada 35 há a última ocorrência de *Pachydiscus (P.) neubergicus* com bivalves não identificados.

Entre as camadas 27 e 35 (de 21 a 24,5 metros) é perceptível uma transição dos dois ambientes, pois espécies de hábito bentônico passam a ocorrer verticalmente, à medida que as espécies típicas de hábito nectónicos vão diminuindo. Essa transição sugere uma diminuição do nível do mar, e que torna a diminuir ainda mais conforme segue para o topo da seção.

6.3 Ambiente Marinho Raso

O ambiente marinho raso na Pedreira do Roger é caracterizado pela associação predominante de moluscos bentônicos, crustáceos e equinoides. Inicia-se a partir da camada 36 (24,5 metros) e segue até a camada 47 (30 metros). Na camada 36 há a primeira ocorrência do *Hemimaster cf. jacksoni*. Na camada 37, a associação são de bivalves com os primeiros decapoda, e que tornam a ocorrer na camada 38. Na camada 39 ocorre a associação de bivalves: *Acesta Paraibensis*, *Coelopis (Coelopis) brasiliensis*, *Coelopis?*, *Neitheia (Neitheia) bexarensis*, *Plicatula?*, *Pycnodonte?* com *Hemimaster*, e dente de tubarão do gênero *Cretolamna?*

Na camada 41 está presente o decápoda *Ophthalmoplax brasiliiana*, associado aos bivalves: *Acesta paraibensis* e *Ostrea* sp. Nas camadas 39 e 41, estão presentes o maior

número de táxons de bivalves associados a equinóides. Nas camadas 43, 45 e 47 notam-se vários fragmentos de decápodes.

Dos macrofósseis identificados entre as camadas 36 e 47, todos possuem hábito bentônico com exceção do dente de tubarão *Cretolamna*, de hábito nectônico carnívoro. Os bivalves *Acesta*, *Ostrea*, *Neitheia*, *Plicatula* e *Pycnodonte* possuem hábitos epifaunais, enquanto que o gênero *Coelopis* hábito infaunal. Os gêneros *Ostrea*, *Plicatula*, *Pycnodonte* são suspensívoros, fixos e, *Acesta* e *Coelopis* são suspensívoros com mobilidade facultativa.

Segundo Stanley (1970), os bilválvios vivem de modo endobentônico, epibentônico livre ou fixo ao substrato, ou nectônico. As formas epifaunais podem ser reclinantes, cimentantes ou natantes; e formas infaunais vivem enterradas no substrato. Normalmente em ambientes pouco profundos organizam associações de organismos bentônicos, pois quanto mais próximo da linha de costa, maior a ocorrência de espécies bentônicas. Isso explica a presença profusa dos bivalves na camada 39, inferindo um ambiente marinho com mais proximidade da costa.

De acordo com Andrade (2004) o gênero *Neitheia* é encontrado no Brasil principalmente em rochas carbonáticas, representando ambientes marinhos rasos (STANLEY, 1970). Tal gênero era muito abundante nos mares rasos do Cretáceo (HESSEL e MAIA, 2005). Dos gastrópodes, *Pterodonta? gramamensis* possui hábito epifaunal, detritívoro de ambiente marinho raso. Enquanto que *Campanile brasiliense* possui hábito epifaunal pastador.

O equinóide *Hemiaster* possui hábito infaunal raso lento – detritívoro. Lira et al., (2007) afirmaram que a sua distribuição é influenciada por fatores ecológicos como: o tipo do substrato, temperatura, turbidez da água, etc. Os organismos da classe *Enchinoidea* são altamente sensíveis a déficit de oxigênio na água do mar, sendo um dos primeiros grupos a serem eliminados por essa situação. E echinodermatas são importantes componentes dos bentos costeiros, sendo também sensíveis a mudanças na temperatura da água e do clima. Desta forma os equinóides podem indicar um ambiente deposicional caracterizado por águas rasas e quentes sobre uma plataforma continental. Segundo o mesmo autor a ocorrência de *Hemiaster* é comum na Bacia da Paraíba.

Com base nos aspectos paleoecológicos da fauna (bivalves, crustáceos e equinóides) pode-se estimar uma plataforma rasa para a Formação Gramame, na porção superior da Pedreira do Roger (entre 24,5 e 30 metros da seção).

6.4 Bioestratigrafia dos Nanofósseis Calcários por Biozona

Biozona CC24

Intervalo: Camada 7 a 11

Cronoestratigrafia: Maastrichtiano inicial

O intervalo está representado pelas camadas 7 a 11. Este trecho apresenta continuidade, com abundância que varia de 3 a 10 exemplares observados e a diversidade variando de 11 a 15 indivíduos. Ao longo das amostras descritas, este intervalo destaca-se por ser o mais rico, dentre os investigados neste trabalho.

Foram observadas associações acessórias através da ocorrência de exemplares das espécies *R. levis*, que se comporta de forma descendente, de sete, para dois exemplares, nas camadas 7 e 11, respectivamente. A Camada 7, é caracterizada pela maior diversidade e abundância encontrada ao longo do perfil estratigráfico (figura 23).

Biozona CC25

Intervalo: Camada 14 a 41

Cronoestratigrafia: Maastrichtiano Médio

A subzona CC25A é representada pela camada 14, na qual a diversidade é representada por 11 exemplares, dentre os quais se destaca a associação acessória, através da ocorrência de *Lithraphidites praequadratus*, registrou-se ainda, a ocorrência de *Gartnerago segmentatum*. De acordo com a descrição dos nanofósseis calcários, nota-se a ausência de taxons, observados na biozona anterior, isto é, a partir desta camada, nota-se a ausência do *Reinhardtites levis*, bioevento que delimitam a base desta biozona.

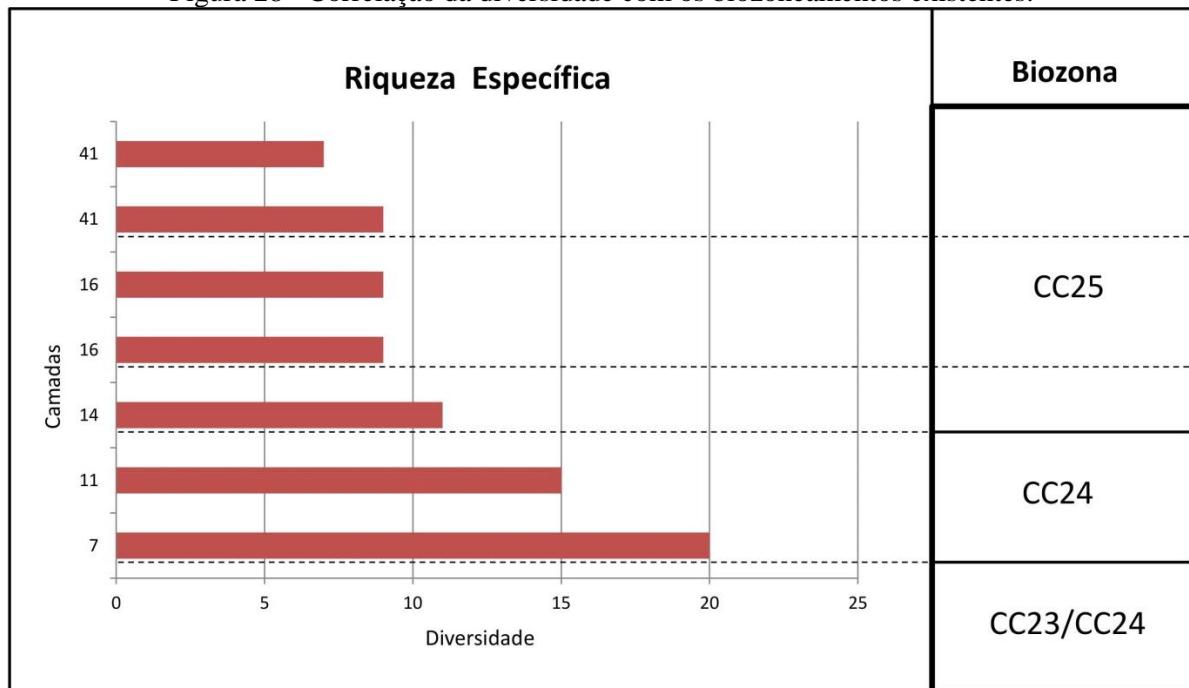
A subzona CC25B, nesta descrição, é reconhecida na camada 16, a diversidade demonstra uma média de 9 indivíduos e a abundância varia de 3 a 6 exemplares. Destaca-se a ocorrência do *L. quadratus* e pela primeira ocorrência de *Micula murus*.

A camada 41 é caracterizada por uma diversidade que varia de 7 a 9 espécies por amostra, enquanto que a abundância varia de 4 a 6. Nesta camada foram descritos, dentre outros exemplares, a *Micula murus*, bioevento que caracteriza a subzona CC25C. Logo, observa-se que a associação aqui descrita é suficiente para indicar apenas a porção basal. Apesar de notar exemplares, tais como, *M. staurophora*, *P. cretacea* e *W. barnesae*, dentre outras constantes em todas as lâminas confeccionadas ao longo das camadas da Pedreira do

Roger, nota-se que a abundância das mesmas, torna-se gradativamente menor. Em concordância, a diversidade torna-se mais escassa da base para o topo do perfil. O que sugere um paleoambiente cada vez mais inóspito para os nanofósseis calcários, conforme mais próximo do topo da pedreira.

Estimativas quantitativas em micropaleontologia podem fornecer parâmetros que, integrados a outros (variações de fácies, horizontes sísmicos, variação do paleoambiente, etc.) possibilitam a melhor interpretação geológica para as seções sedimentares (PEDROSA, 2013). Ou seja, pode-se afirmar que a diminuição da riqueza específica dos nanofósseis para topo, sugere diminuição do nível relativo do mar na bacia.

Figura 28 - Correlação da diversidade com os biozoneamentos existentes.



Fonte: O Autor.

Nota-se uma diminuição gradativa, tanto da diversidade específica quanto da abundância dos nanofósseis calcários analisados, em direção ao topo da Pedreira do Roger. Tal comportamento, sugere intervalos distintos, da base para o topo. Um primeiro paleoambiente marinho mais profundo, abrangendo desde a camada 7 a 11 (Biozona CC24); um segundo, identificado desde a camada 14 a 16, (Associação Biozonal CC25A/B), Enquanto que, o terceiro, sugere um paleoambiente mais raso, para as camadas 41 a 47, (topo), caracterizado pela biozona CC 25C, (Figura 28).

As descrições das lâminas confeccionadas neste estudo, encontram-se no apêndice 1; Assim como as estampas com as fotografias dos exemplares de nanofósseis calcários encontrados (apêndice 2).

6.5 Relação dos Macrofósseis Fósseis com Nanofósseis Calcários

Ao analisar os macrofósseis e os nanofósseis calcários pode-se perceber que ambos indicam dois ambientes: um marinho mais profundo na base da Formação na Pedreira do Roger e outro ambiente marinho raso no topo da seção. Pois, nesta perspectiva, os macrofósseis registram uma transição de ambos os ambientes entre as camadas 27 e 35, pois nela percebe-se a diminuição de espécies típicas de hábito nectônico e o surgimento e o crescimento proporcionalmente de espécies de hábito bentônicos a medida que segue para o topo da seção.

E os nanofósseis calcários se apresentam inicialmente na camada 7 com abundância que varia de 3 a 10 exemplares e uma diversidade variando de 11 a 15 indivíduos, e que, conforme vai subindo na seção estratigráfica sua abundância passa a variar de 4 a 6 exemplares e uma diversidade variando 7 a 9 espécies.

7 CONCLUSÃO

A partir das ocorrências de macrofósseis e suas preferências ecológicas, foi registrado para a Pedreira do Roger, duas associações de paleofauna. A primeira caracterizada por amonóides, dente de tubarão e vértebras de peixe que configura o ambiente marinho profundo entre as camadas 1 e 26 (0 a 21 metros). A segunda paleofauna caracterizada por bivalves, crustáceos e equinoides, grupos de hábito bentônico, apontam um ambiente marinho raso entre as camadas 36 e 47 (25 a 30 metros).

Entre as camadas 27 e 35 (21 a 24,5 metros) constituída por bivalves, gastrópodes e amonídeos foi interpretada como uma zona transicional devido a ocorrência de grupos de preferência ecológicas de águas rasas (bentônicos) e mais profundos (nectônicos), saindo de um ambiente marinho profundo para um ambiente marinho raso.

A partir do estudo dos nanofósseis calcários, foram identificadas duas Biozonas e três subzonas (CC24 e CC25, CC25A, CC25B e CC25C respectivamente). Os nanofósseis sugerem, da base para o topo dois paleoambientes: um marinho profundo (Camada 7 a 11 / CC 24) e um marinho mais raso (Camada 41 / biozona CC 25C). Entre as camadas 14 e 16 / CC 25 A-B, percebeu-se uma diminuição tanto da abundância dos exemplares quanto da diversidade dos indivíduos, e que passam a diminuir ainda mais, a medida que vão se aproximando da camada 47 (30 metros). As biozonas colocam a Formação Gramame, na Pedreira do Roger, João Pessoa, PB, com idade na base do Maastrichtiano.

Com base nas análises das ocorrências dos macrofósseis e de nanofósseis calcários presentes na Pedreira do Roger ocorridas da base para o topo da seção, pode-se concluir que ambos apontaram para a existência de dois ambientes: o marinho profundo (profundidade entorno dos 200 metros) e o marinho raso (profundidade próxima dos 20 metros). E que ao analisar as camadas estratigráficas da base para o topo, se perceberá que o nível do mar passa a diminuir conforme se analisa os dados dos macrofósseis e dos nanofósseis calcários.

A pedreira do Roger apresenta sequências carbonáticas situadas próximo à base da Formação Gramame.

7.1 Recomendações

Recomenda-se o mesmo que Lima (2002) que localizar, avaliar e amostrar outros afloramentos da Formação Gramame ao Norte da Sub-bacia Alhandra, mais especificamente a norte da Pedreira do Roger, para verificar ocorrência de rochas, possivelmente, de idade Campaniana, ou até mais antiga, que devem fazer parte da sequência basal da Formação Gramame.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. J.; SEELING, J. BENGSTON, P.; SOUZA-LIMA, W.; The bivalve *Neithea* from the Cretaceous of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences** (17) 2004 25–38 P.
- ANDRADE, G.C.C. **Nanofósseis Calcários do Maastrichtiano Superior ao Daniano do Poço Poty, Bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. 2010. 126p.
- ANDRADE, G.C.C.; GALM, P.C.; LIMA FILHO, M. F. **Nanofósseis Calcários do Maastrichtiano Superior ao Daniano do Poço Poty, Bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil.** Estudos Geológicos. 2010. 20(2): 65-80.
- ANTUNES, R. L. **Introdução ao estudo dos nanofósseis calcários.** Instituto de geociências, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1997. 115 p.
- ANTUNES R. L; e MELO J. H. G. **Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências.** In: Ribeiro H.J.P.S. ed. **Estratigrafia de Seqüências - fundamentos e aplicações.** São Leopoldo: Editora Unisinos. 2001. 137-218 p.
- ARAI, M. A. **A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras.** Geologia USP: Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- ASMUS, H. E.; CARVALHO, J. C. 1978. **Condicionamento tectônico da sedimentação nas bacias marginais do Nordeste do Brasil (Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba).** In: PROJETO REMAC (ed.), Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. PETROBRAS/CENPES, 4: 1-24.
- AZEVEDO, S. A.; CARVALHO, L. B. 1997. **Proposta de classificação para os répteis marinhos (Mosasauridae: Lepidosauria) do Cretáceo Superior da Bacia Pernambuco-Paraíba, Brasil.** XV Congresso Brasileiro de Paleontologia, São Pedro-SP. 1997. Boletim de resumos, 96 p.
- BARRETO, A. M. F.; OLIVEIRA, E.V.; CASSAB, R. C. T.; DUQUE, R. R. C.; SUCERQUIA, P.; MOTA, M. A. L. **Catálogo do Material-Tipo da Coleção Paleontológica do Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.** Estudos Geológicos (UFPE), v. 24, p. 3-53, 2014.
- BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M.; LIMA FILHO, M. F. & NEUMANN, V. H. 2003. A Estratigrafia da Bacia Paraíba: Uma reconsideração. **Estudos Geológicos**, 13: 89-108.
- BARBOSA, J. A. **Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano - Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil.** Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. (Orientador Prof. Dr. Mario Ferreira de Lima Filho). Recife 2004. 230 p.

BARBOSA, J. A.; LIMA FILHO, M. F. **Os Domínios da Bacia da Paraíba.** In: Congresso Brasileiro de P&G em Petróleo e Gás. Boletim Trabalhos. 2005, 6 p.

BARBOSA, J. A., LIMA FILHO, M. F. **Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife - Natal: observações em dados de poços.** 20 p. B. Geoc. Petrobrás Rio de Janeiro, v. 14, n.2. 2006, 287 – 306 p.

BARBOSA, J. A. **A deposição Carbonática na Faixa Costeira Recife-Natal: Aspectos Estratigráficos, Geoquímicos e Paleontológicos.** Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. (Orientador Prof. Dr. Mario Ferreira de Lima Filho). Recife PE 2007. 219 p.

BARBOSA, J. A.; NEUMANN, V.H.; LIMA FILHO, M.; SOUZA, E.M.; MORAES, M.A. 2007. Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (Bacia da Paraíba e Plataforma de Natal), NE Brasil. 2007. Estudos Geológicos, 17 (2): 3-30.

BARBOSA, J. A.; VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. **Paleoambientes e icnofácies carbonática da Bacia da Paraíba (Cretáceo-Paleógeno), Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Geociências. 2006. 36 (3): 449-464 p.

BEURLEN, K. **Dois crustáceos do Cretáceo Superior do Nordeste do Brasil (DECÁPODA, BRACHYURA).** Boletim do Museu Nacional. Geologia. Nova Série. N° 26. 1958. 23 p.

BEURLEN K. **O termo Formação na Terminologia Estratigráfica, ilustrado pelas Formações Maruim e Gramame (Cretáceo do Nordeste do Brasil).** Academia Brasileira de Ciências". Rio de Janeiro. 1963. 327 – 338. 12 p.

BEURLEN, K. **O gênero Callianassa nas formações cretácicas de Pernambuco.** Arq. Geolog. 1962. Recife 2: 1-10 p.

BEURLEN K. **Introdução geral e Estratigrafia.** Geologia da faixa sedimentar Pernambuco/Paraíba. II Simpósio de Geologia do Nordeste. 1966. 6 p.

BEURLEN K. **A Estratigrafia da Faixa Sedimentar Costeira Recife-João Pessoa.** Boletin da Sociedade Brasileira de Geologia. 1967a. 16 (1): 43-53.

BEURLEN K. **Paleontologia da Faixa Sedimentar Costeira Recife-João Pessoa.** Boletin da Sociedade Brasileira de Geologia. 1967b. 16 (1): 73-79.

BEURLEN, K. **Geologie von Brasilien.** Berlin, Gerb. Borntraeger. 1970. 444 p.

BRANNER, J. C. **Geology of the Northeast of Brazil.** Geological Society of America. Bulletin, 13: 1902. 41-98 p.

BOWN P. R., YOUNG J.R. 1998. Introduction. In: Bown P.R. ed. *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. London: British Microp. Soc. Series.* Chapman and Hall/Kluwer Acad. Publ. 1998. 1-15 p.

CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A.; SILVA, V. G. Novos vertebrados cretáceos e paleocênicos das formações Gramame e Maria Farinha, Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil. II. Répteis. XIV Congresso Brasileiro de Paleontologia, Uberaba-MG, Boletim de resumos. 1995a. 31-32 p.

CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A.; SILVA, V. G. Quatro novas vértebras de Mosasauridae do Neocretáceo da Bacia Pernambuco-Paraíba, Brasil. XIV Congresso Brasileiro de Paleontologia, Uberaba-MG, Boletim de resumos. 1995b. 33-34 p.

CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A.; SILVA, V. G. Maastrichtian mosasaur remains from northeast Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 55th Vertebrate Paleontology Society Meeting. 1995c. 15(3): 22 p.

CHOQUETTE, P. W.; JAMES, N. P. Limestones - The burial diagenetic environment. In: McIlreath, I.A. & Morrow, D.W. (Eds.), Diagenesis. Geoscience Canada, Reprint Series. 1990. 4:75-111.

CÓRODOBA, V. C.; SÁ. E. F. J.; SOUSA, D. C.; ANTUNES, A. F. Bacia de Pernambuco Paraíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, maio/nov. 2007.391-403p.

COX, L. R. 1969-1971. Prt N v. 1-3, **Mollusca 6, Bivalvia**. IN: Moores, R. C. (ed.) Treatise on invertebrate Paleontology, 1224p., Geol. Soc. Amer. and Univ. Kansas Press. Lawrence.

CRISTENSEN, W. K; HANCOCK, J. M., PEAKE; N. B; KENNEDY, W. J. 2000. The base of the Maastrichtian. Bulletim of the Geological Society of Denmark. 2000. 47: 81-85.

DARTEVELLE, E.; FRENEIX, S. Mollusques fossiles du Crétacé de la Côte occidentale d'Afrique, du Cameroun à 1 Angola, II Lamellibranches. Ann Mus Roy. Tervuren. 1957. Congo Belge, ser. 8°, Sc. Géol, 20:1-271 p. est. 1-35.

DEMICCO, R. V.; HARDIE, L. A. Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits. Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Atlas Series. 1994. 1:1-265.

GADI, M. S. M.; Brookfield, M. E. Open carbonate ramp facies, microfacies and paleoenvironments of the Gramame Formation (Maastrichtian), Pernambuco- Paraíba Basin, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 1999. 12(4):411-433.

GADI, M.S.M.; BROOKFIELD, M.E. Open carbonate ramp facies, microfacies and paleoenvironments of the Gramame Formation (Maastrichtian), Pernambuco- Paraíba Basin, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 1999. 12(4):411-433.

EKDALE, A.A.; STINNESBECK, W. Trace fossils in Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary in ortheastern Mexico: Implications fo sedimentation during the KT boundary event. 1998. *Palaios*, 13:593-602 p.

EL GADI, M. S. M. Estudo das microfácies da Formação Gramame (Maastrichtiano), Faixa costeira de Pernambuco-Paraíba. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-

graduação em Geociências. Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental). Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco CTG – UFPE. Recife 1993. 133 p.

FEIJÓ, F. P. **Bacia Pernambuco-Paraíba. Boletim de Geociências da Petrobrás.** 1994 (1): 143-148.

FERNANDES, A. C. S. **Ocorrência inédita de coral (Coelenterata – Scleractina) na Formação Gramame, Cretáceo Superior da Paraíba.** An. Acad. Bras. Ciênc. 1986. 58(4): 608 p.

FILHO. O. J. C.; ALENCAR, M. L. BARBOSA, J. A; NEUMANN, V. H. **Proposta de formalização da Formação Tambaba, Eoceno da Bacia da Paraíba, NE do Brasil.** Estudos Geológicos Vol. 25 (2) 2015. 61-8, 21p.

FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da folha João Pessoa – 1:100.000.** Tese de Doutorado. USP, São Paulo, SP (2007).

HARLAND, W. B.; ARMSTRONG, R. L.; COX, A.V.; GRAIG, L. E.; SMITH, A. G.; SMITH, D.G. **A ecologic Time Scale.** Cambridge University Press, New York, 1989. 263pp.

HAY. W. W. **Calcareous narmofos sil s.** In: A.T.S. Ramsay (ed.) **Oceanic Micropaleontology** v. 2, London. Academic Press. 1977. P: 1055-1200 p.

HONJO, S. **Coccoliths: produción, trnnsportation and sedimenta tion.** Marine Micropaleontology, Amsterdam. 1976. v. 1, n " 1, p. 65-79.

GRADSTEIN, F. M.; Agterberg, F.P.; Ogg, J. G.; Hardenbol, J.; VAN VEEN, P.; THIERRY, J.; UANG, Z.. **A Mesozoic time scale.** Journal of Geophysical Research, 1994. 99(B12): 24051-24074.

GRADSTEIN, F. M.; AGTERBERG, F. P.; OGG, J. G.; HARDENBOL, J.; VAN VEEN, P.; THIERRY, J.; HUANG, Z. 1995. A Triassic, Jurassic and Cretaceous time scale. In: BERGGREN, W. A.; KENT, D. V.; AUBRY, M.-P.; HARDENBOL, J.; SCHOLLE, P. A. (Eds.). **Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation.** Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Special Publication. 1995. 54:95 126 p.

KELLNER, A. W. A. **Pterossauros, os primeiros vertebrados voadores.** Ciência Hoje, 2001. 30 (178): 27-31 p.

KEGEL, W. In: **Relatório annual do director (ano 1952).** 1953. Boletim DGM/DNPM, 80p.

KEGEL. W. **Geologia do Fosfato de Pernambuco.** D. N. P. M., Div. Geol. Min. 1955a Bol. 157: 54p.

KEGEL. W. **Geologia de Pernambuco.** Div. Geol. Min. 1955b. D.N.P.M. bol. 157, 54 p., ilustrações.

KEGEL, W. **Nota sobre os microfosseis do fosfato cretaceo de Pernambuco.** Sociedade Brasileira de Geologia. 1955c. Boletim, 3(1): 73-76.

KEGEL, W. **Um novo membro fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior), Pernambuco.** 1957. An. Ac. Bras. Cienc. V. 29, N° 3. 373-375 p.

LIMA FILHO, M. F. **Correlação da Bacia Cabo com as Bacias do Oeste Africano. Simpósio Aspectos Tectônicos, Deposicionais e Evolutivos de Bacias Rift.** XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador-BA. 1996. Anais, 5: 347-349.

LIMA FILHO, M. F. **Análise estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco.** Tese de Doutorado. Pós Graduação IG-USP. 1998a. 180 p.

LIMA FILHO, M.F. 1998b. **The main tectonic-magmatic events in Pernambuco basin (NE Brazil).** In: Mabessone, J. M. (ed.) Contribuições Científicas do LAGESE (Laboratório de Geologia Sedimentar para o Projeto IGPC Nº 381 “Correlações Mesozóicas no Atlântico Sul”. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Geologia, Publicação Especial 4. 1998b.

LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, A. B.; SOUZA, E. M. **Carbonate sections of the Paraiba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications for the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean.** Alicante (Espanha), 15th, International Sedimentology Congress. 1998c. Resumos, 504 –505.

LIMA, F. J. C.; BARRETO, A. M. F. . **Procedimentos de Curadoria em parte da Coleção Científica de Fósseis do DGEO/CTG/UFPE.** In: XV Congresso de Iniciação Científica da UFPE - CONIC UFPE, 2007, Recife. CD de Resumos. Recife: UFPE, 2007. v. 1. p. 1-1.

LIMA FILHO, H. O.; GUIMARÃES NETTO, R.; KOUTSOUKOS, E.A.M. **Thalassinoides monoichnofauna and its environmental significance at Gramame Formation (Maastrichtian) of Pernambuco-Paraíba Basin - NE Brazil.** International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro. 2000. CD-ROM Abstracts.

LIMA, F. H. O. **Estratigrafia integrada do Maastrichtiano (Formação Gramame) da Bacia Pernambuco-Paraíba – NE do Brasil: caracterização faciológica e evolução paleoambiental.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002. 295p.

LIMA, F.H.O.; KOUTSOUKOS, E.A.M. 2000. **Biostratigraphy of calcareous nannoplankton of Gramame Formation (Maastrichtian) of Pernambuco- Paraíba Basin - NE Brazil.** International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro. 2000. CD-ROM Abstracts.

LIMA, F.H.O.; KOUTSOUKOS, E.A.M. **Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários no Maastrichtiano da Bacia de Pernambuco-Paraíba, NE Brasil.** In: Castro, J.C.; Dias-Brito, D. & Musacchio, E.A. (Eds.), Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil/Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur, 6/2, São Pedro, Boletim ..., 1:279-284. 2002.

LIRA, D. R.; TIMÓTEO, D. M. O.; RAFAEL, L. M.; SANTOS, C. A. **Reconstrução de Paleoambiente Litorâneo a partir de fósseis da Classe Equinoidea (Hemister Scutiger) na Formação Gramame, Bacia da Paraíba.** Sociedade de Ecologia do Brasil. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. 2007. 2 p.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS M. M. **Base estrutural-Faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte.** Estudos Geológicos, 1991. **10:** 33-43.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS M. M. **Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba.** Revista Brasileira de Geociencias, Volume 18. Recife 1988b, 7 p.

MABESOONE, J. M. **Marine carbonate rocks from Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin (NE Brazil).** SAMC News (IGCP 381). 1998. (10):19-23.

MABESOONE. J. M.; OLIVEIRA. D. D. **Paleontologia Estratigráfica.** Estudos Geológicos da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE do DGEOC série Estudos e Pesquisas. V. 10 Recife 1991. 5p.

MABESOONE, J. M. **Sedimentos.** Geologia da faixa sedimentar Pernambuco/Paraíba. II Simpósio de Geologia do Nordeste. 1966. 6 p.

MABESOONE, J. M. **Estudo petrográfico comparativo dos calcários do Nordeste.** Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Geologia . Brasília, DF 1970. 287-236p.

MABESOONE, J. M. **Histórico. Estudos Geológicos da Universidde Federal de Pernambuco – UFPE do DGEO SÉRIE B:** Estudos e Pesquisas. V. 10. Recife 1991a. 5 p.

MABESOONE, J. M. **Notas Explicativas dos Mapas.** Estudos Geológicos da Universidde Federal de Pernambuco – UFPE do DGEO SÉRIE B: Estudos e Pesquisas. V. 10. Recife 1991b. 11p.

MABESOONE, J. M. **Significance of Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin (NE Brazil) for Atlantic Cretaceous.** SAMC News (IGCP 381). 1998. (5):37-38.

MABESOONE, J. M. **Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte.** In: IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Águas de São Pedro-SP – 1996. Boletim de resumos. 81 - 84.

MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. **Geologia da Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco – Paraíba.** Resumo do II Seminário Departamental da Universidade Federal de Pernambuco do Instituto de Geociências, do Departamento de Geologia e Paleontologia. 1971. 8 p.

MANSO, C. L. C.; SOUZA-LIMA, W. **O registro do equinóide Hemiaster zululandensis BESAIRE & LAMBERT, 1930, no Cretáceo (Albiano Superior) de Sergipe.** Revista Brasileira de Paleontologia. Dezembro 2003. **6:**61-67 p.

MAURY, C. J. **O Cretáceo Da Parahyba Do Norte.** Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro, 1930. 305

MAURY, C. J. **O. O Cretáceo de Sergipe.** Serv. Geol. Min. Brasil, 283 p., 28 est. (Monographia XI). Rio de janeiro 1936.

MENDES, J. C. **Problemas estratigráficos da faixa sedimentar costeira de Pernambuco. & Introdução do conhecimento da sutura dos amonóides.** Instituto de Geologia da Universidade Federal da Paraíba. Paleontologia. N.1 1962. 16 p.

MENDES, J. C. 1984. **Elementos de Estratigrafia.** T.A. Queiroz/Ed. da Universidade de São Paulo 1984. 566p.

MENOR, E. A.; DANTAS, J. R. A. SOBRINHO, A. C. P. **La Sédimentation phosphatée. Pétrographie, minéralogie et géochimie des gisements de Taiba (SénéGal) e t d'Ólinda Brasil.** Strasbourg. Univ. Louis Pasteur, These Doct. Ing. 1975. 153 p.

MENOR, E. A.; DANTAS, J. R. A.; SOBRINHO, A. C. **Sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: Revisão de novos conhecimentos.** In: SIMP. GOL. NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977, Atlas..., Campina Grande, SBG/NE, p. 1- 27.

MENOR, E. A.; AMARAL, A. J. R. Excursão N° 5: “**O Cretáceo-Paleoceno da Faixa costeira Pernambuco-Paraíba e Depósitos Fosfáticos associados**”. XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim N° 02 Roteiro das Excursões. Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo de Excursões. Recife 1978. 69 – 86 p.

MONTEIRO, F. A. C.; MEIRELLES, C. A. O.; SOARES, M. O. **Bivalves fósseis do gênero Neitheia (bivalvia: pectinidae) e seu significado paleobiogeográfico para o domínio Tetiano na Bacia Potiguar.** São Paulo, UNESP, Geociência. 2010, v. 29, n. 3, 335-341 p.

MUNIZ, G. C. B. **Sobre a presença no Brasil do gênero cretáceo Legumen.** Instituto de Geociências, Universidade Católica de Pernambuco, Cadernos de Geociências. 1969. 9 p.

MUNIZ, G. C. B. Excursão N° 11 – **Conteúdo fóssil do Cretáceo e Paleoceno da Bacia PB/PE e do Cretáceo da Bacia Potiguar.** XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim N° 02 Roteiro das Excursões. Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo Nordeste Recife 1978. 169 – 175.

MUNIZ, G. C. M.; LIMA, L. V. O. **Observações sobre os bivalvios cretáceo superior da Bacia da Paraíba PE/PB, nas fácies Engenho Amparo, Alhandra e Congo.** Atlas do IX Simpósio de Geologia do Nordeste Natal (RN) 1979. 78 – 83.

MUNIZ, G. C. B. **Um novo e importante afloramento fóssilífero da porção inferior da Formação Gramame (Ks), no Estado da Paraíba.** XII Simpósio de Geologia do Nordeste – João Pessoa – PB. 1986. 15 – 19 p.

MUNIZ, G. C. B. **Novos Moluscos da Formação Gramame, Cretáceo superior dos Estados da Paraíba e de Pernambuco, Nordeste do Brasil.** Departamento de Geologia – UFPB. Publicação Especial N° 1: 1993. 202p.

MUNIZ, G. C. B.; RAMIREZ, L. V. O. **Observações icnológicas preliminares na Formação Maria Farinha, Paleoceno de Nordeste.** VIII Simp. Geol. Nord. Campina Grande. 1977. Atas, 6: 111-119.

OLIVEIRA, E. P. **História da pesquisa do petróleo no Brasil,** (obra póstuma). Serviço de Publicidade Agrícola. Rio de Janeiro, 1940. 208 p.

- OLIVEIRA, P. E.; ANDRADE RAMOS, J. R. 1956. **Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra.** Boletim DGM/DNPM. 1956. **151:** 1-60.
- OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. 1940. **Geologia do Brasil.** 2 ed., s. n., Rio de Janeiro, Ser. Didática n. 2, 813p.
- OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. 1978. **Geologia do Brasil.** Escola superior de Agricultura de Mossoró. Coleção Mossoroense Vol. LXXII. Ano XXX da Batalha da Cultura. 1978 5p.
- OLIVEIRA, P. E.; RAMOS, J. R. A. **Contribuição a Geologia do Município de Olinda, Pernambuco.** Div. Geol. Min. D. N. P. M. 1951. bol. 138, 23p.
- OLIVEIRA, P. E.; SANTOS, R. S. 1950. **Fósseis Cretáceos da Ilha de Itamaracá.** Rio de Janeiro. An. Acad. Bras. Ciênc.. 1950. 22(1): 107-112.
- OLIVEIRA, L. T.; DEMETRIO, J. G. A.; TOME, M. E. T.; VASCONCELOS, C. L. **Analise da geometria dos aquíferos costeiros da porcao norte da região metropolitana do Recife-Pe a partir de perfis litologicos de pocos tubulares.** Revista Águas Subterrâneas. 2003. 17: 9-22.
- PERCH-NIELSEN, K. **Mesozoic calcareous nannofossil.** In: Bolli, H.M.; SAUNDERS, J.B. e ERCH-NIELSEN, K. (Eds.), Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press. 1985. 329- 26 p.
- PEDROSA, F. A. **Estudo Bioestratigráfico com base em nanofósseis calcários do Cretáeo da Bacia de Sergipe, Nordeste do Brasil.** Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências - Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Orientador: Prof. Dr. Mario de Lima Filho. Recife, 2013. 166 p.
- PESSOA V. C. S. **Bairro do Roger em João Pessoa-PB: O lugar e suas práticas culturais.** Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências e Tecnologia. (Orientador Prof. Dr. Raimundo Elmo de Paula Vasconcelos Junior). Fortaleza 2012. 109 p.
- PRICE, L. I. 1953a. **Restos de mosassáurios de Pernambuco e considerações sobre a presença destes répteis na Bacia Amazônica do Brasil.** Boletim DGM/DNPM. Notas Preliminares e Estudos, **58:** 1-15 p.
- PRICE, L. I. 1953b. **A presença de pterossáuria no Cretáeo Superior do Estado da Paraíba.** Boletim DGM/DNPM. Notas Preliminares e Estudos, **71:** 1-10 p.
- RAND, H. M.; MABESOONE, J. M. 1982. **Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology.** 1982. 38: 163-183.
- RATHBUN, J. M. **Description of Zanthopsis cretacea sp. nov. from the Parahyba do Norte.** Bulletin Geological Society of America. 1902. 13: 43-44.

REYMENT, R. A.; BENGTSON, P. (compiladores) (1985). **Mid-Cretaceous events: report on results obtained 1974-1983**. Projeto IGCP 58, Publications from the Paleontological Institution of the University of Uppsala, Special. (1985) v. 5, 132 p.

RICH, V.; RICH P. TH; FENTON. MA; FENTON C. L. 1997. **The Fossil Book : A Record of Prehistoric Life**. Dover Publ., 760 p.

ROCHA, J. F.; MORAES, L. J. **Atlas Geológico do Brasil**. Serviço de Piblicidade Agrícola. Rio de Janeiro. Brasil. 1939.

ROUSSEFF, D. V. Nove discursos de Dilma que não fizeram (nenhum) sentido. **Jornal Opção**, 12 de maio de 2015. Disponível em: <<https://www.jornalopcao.com.br/ultimas-noticias/nove-discursos-de-dilma-que-nao-fizeram-nenhum-sentido-35284/>>. Acessado em 28 de novembro de 2018.

SANTOS, J. D. **Os Calcareos do estuário do Rio Parahyba e seus arredores**. Parahyba do NotE, 1928. 30 p.

SILVA, J. L. L. **Reconstituição paleoambiental baseada no estudo de mamíferos pleistocênicos de Maravilha e Poço das Trincheiras, Alagoas, Nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centre de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (Orientadora Prof. Alcina Magnolia Franca Barreto). Recife 2008, 195p.

SILVA, M. C. **Os Vertebrados da Bacia da Paraíba (Cretáceo Superior-Paleoceno), Nordeste do Brasil**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007. 201 p.

SILVA V. G.; AZEVEDO, S. A.; CARVALHO, L. B. **Novos vertebrados cretáceos e paleocênicos das formações Gramame e Maria Farinha, Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil**. I. Peixes. XIV Congresso Brasileiro de Paleontologia, Uberaba-MG, Boletim de resumo. 1995. 122-123 p.

SILVA, M. C.; BARRETO, A. M. F.; CARVALHO, I. S.; CARVALHO, M. S. S. **Vertebrados e Paleoambientes do Neocretáceo-Daniano da Bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Geologia. Volume 17 (2) 2007. 12 p.

SOBRAL, A. C. S. **Os monoides da Bacia da Paraíba: Implicações Cronoestratigráficas, Paleoecológicas e Paleobiogeográficas**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007. 74 p.

SANTOS, M. S. **Caracterização geomorfológica e do quadro físico da carta topográfica Pitimbú – PB, 1: 25. 000**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa PB, 2011, 68p.

- SIESSER, W. G. e WINTER, A.** Composition and morphology of coccclithophores skletons. In: Winter, A.; Süsser. W. (eds) - *Coccolithophores*. Cambridge, Cambridge University Press. 1994. 51- 62 p.
- SOUZA, E. M.** *Estratigrafia da seqüencia clástica inferior (Andares Coniciano-Maastrichtiano Inferior) da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas*. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Geociências – Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centre de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (Orientador Prof. Joel C. Castro). Recife 2006, 375 p.
- SMITH, A B.** *Echinoid palaeobiology*. 1^aed. London, George Allen & Unwin Ltd. 1984. 199 p.
- SUGUIO, K.** *Dicionário de Geologia Sedimentar*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1222 p.
- TINOCO, I. M.** *Contribuição ao conhecimento da Gênese do Fosfato de Olinda*. Arquivo do Museu Nacional 1971. 54: 177-182.
- TINOCO, I. M.** 1976. *Foraminíferos planctônicos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário, em Pernambuco, Nordeste do Brasil*. In: 29º Congresso Brasileiro Geologia, Ouro Preto, Anais. 1976. 2: 17 – 36.
- SHOL, N. F.** *Neogastropoda, Opisthobranchia and Basommatophora from the ripley, Owl Creek and Prairie Bluff Formations*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper. 1964. 331-B, 153 – 344 p.
- STEPHENSON, L.W.** *The larger invertebrate fossils of the Navarro Group of Texas*. University of Texas Publication. 1941. 4101, 1–641.
- STINNESBECK, W.; ASHRAF, A. R.; PERCH-NIELSEN, K. S.** *Estudos paleontológicos no limite Cretáceo-Terciário no Estado de Pernambuco*. Estudos Geológicos da Universidde Federal de Pernambuco – UFPE do DGEO SÉRIE B: Estudos e Pesquisas. V. 10. Recife 1991b. 141 – 156 p.
- WADE, B.** *The fauna of the Ripley Formation on Coon Creek, Tennessee*. U. S. Geol. Survey prof. Wasshington, 1926. Paper 173, 272 p., 72 est.
- WALLICH G.C.** *Remarks on some novel phases of organic life, and on the boring powers of minute annelids, at great depths in the sea*. Annals and Magazine of Natural History, Series3. 1861. 8:52-58 p.
- WENZ, W.** Gastropoda. In.: SCHINDEWOLF O. H. ed. *Handbuch der Palaeozoologie*: v: 6, Berlin. 1938 – 1944. 1639 p.
- WILLIAMSON.** *Geology of Parahyba and Pernambuco gold Regions*. Transactions Manchester Geological Society. 1868. 6. 115p.
- WOODS, H.** *A Monography of the Cretaceous Lamellibranchiata of England*. London 1899-1913. Palaeontograph. Soc., v. 1 (1899 - 1903), 227 p., 42 est.; v. 2 (1904 - 1913), 473 p., 63 est.

WRIGTH, C. W.; CALLOMON, J. H.; HOWARTH, M. K. Cretaceous Ammonoidea. In: Kaesler, R. L. (Ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology**: Part L Mollusca 4 (Revised). Geological Society of America, University of Kansas 1996. 362p.

WORKS, F. Gateway to the Paleobiology Database. Fonte: Fóssil Works: <http://fossilworks.org>. (2017).

APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS DE NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS

Amostra: D-01

Camada: 07

Número: 39

Biozona(s): CC24

Tipo de Amostra: Afloramento

Biscutum constans

Chiastozygus litterarius

Cylindralithus serratus

Cribrosphaerella ehrenbergii

Eiffellithus gorkae

***Eiffellithus parallelus* [3]**

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Microrhabdulus undosus

Placozygus fibuliformis

Prediscosphaera cretacea

Prediscosphaera grandis

Rhagodiscus splendens

***Reinhardtites levigatus* [7]**

Retecapsa crenulata

Retecapsa surirella

Thoracosphaera sp.

Watznaueria barnesae

Watznaueria bipartita

Zeugrhabdotus embergeri

Riqueza Específica: 20

Abundância: 10

Amostra: D-02

Camada: 11

Número: 11

Biozona(s): CC24

Tipo de Amostra: Afloramento Pedreira do Roger.

Biscutum constans

Cribrocorona gallica

Eiffellithus gorkae

***Eiffellithus parallelus* [1]**

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Placozygus fibuliformis

Prediscosphaera cretacea

Rhagodiscus splendens

***Reinhardtites levius* [2]**

Retecapsa crenulata

Retecapsa surirella

Thoracosphaera sp.

Watznaueria barnesae

Watznaueria biporta

Riqueza Específica: 15

Abundância: 03

Observação: Última ocorrência do *R. levius*.

Amostra: D-03

Camada: 14

Número: 25

Biozona(s): CC25A

Tipo de Amostra: Afloramento

Biscutum constans

***Gartnerago segmentatum* [2]**

Lithraphidites praequadratus [3]

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Microrhabdulus undosus

Prediscosphaera cretacea

Retecapsa crenulata

Thoracosphaera sp.

Watznaueria barnesiae

Watznaueria ovata

Riqueza Específica: 11

Abundância: 5

Observação: Última ocorrência do *G. segmentatum* e *L. praequadratus*

Amostra: D-04

Camada: 16

Número: 37

Biozona(s): CC25B

Tipo de Amostra: Afloramento Pedreira do Roger.

Biscutum constans

Eiffellithus sp.

***Lithraphidites quadratus* [6]**

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Prediscosphaera cretacea

Thoracosphaera sp.

Watznaueria barnesiae

Zeugrhabdotus embergeri

Riqueza Específica: 09

Abundância: 06

Amostra: D-05

Camada: 16

Número: 50

Biozona(s): CC25B

Tipo de Amostra: Afloramento Pedreira do Roger.

Biscutum constans

Lithraphidites quadratus [3]

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Microrhabdulus undosus

Prediscosphaera cretacea

Retecapsa crenulata

Retecapsa surirella

Watznaueria barnesae

Riqueza Específica: 09

Abundância: 03

Amostra: D-06

Camada: 41

Número: 9

Biozona(s): CC25C

Tipo de Amostra: Afloramento Pedreira do Roger.

Biscutum constans

Micula murus [4]

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Microrhabdulus undosus

Thoracosphaera sp.

Watznaueria barnesae

Riqueza Específica: 07

Abundância: 04

Amostra: D-07

Camada: 41

Número: 40

Biozona(s): CC25C

Tipo de Amostra: Afloramento Pedreira do Roger.

***Micula murus* [6]**

Micula staurophora

Microrhabdulus decoratus

Microrhabdulus undosus

Prediscosphaera grandis

Retecapsa crenulata

Retecapsa surirella

Thoracosphaera sp.

Watznaueria barnesae

Riqueza Específica: 09

Abundância: 06

APÊNDICE B - ESTAMPAS**ESTAMPAS**