

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**BIOESTRATIGRAFIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINÍFEROS
DA BACIA DE BARREIRINHAS, CRETÁCEO, MARGEM
EQUATORIAL BRASILEIRA**

CRISTIANE PAKULSKI DA SILVA

ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Valesca Brasil Lemos

BANCA EXAMINADORA: Dr.^a Geise dos Anjos Zerfass
Dr.^a Maria Antonieta Rodrigues
Dr. Edinei Koester

**Tese de Doutorado apresentada como
requisito parcial para obtenção do Título de
Doutor em Geociências.**

Porto Alegre Abril, 2011

Silva, Cristiane Pakulski da
Bioestratigrafia e Paleoecologia de Foraminíferos da Bacia de Barreirinhas, Cretáceo, Margem Equatorial Brasileira. / Cristiane Pakulski da Silva. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2011.
132 f.] il.

Tese (Doutorado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2011.

ORIENTADOR: Profa. Dra. Valesca Brasil Lemos

1. Bioestratigrafia. 2. Paleoecologia. 3. Foraminíferos. 4. Cretáceo. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

"O valor das coisas não está no tempo em que elas duram,
mas na intensidade com que acontecem.

Por isso existem momentos inesquecíveis,
coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis".

(Fernando Pessoa)

AGRADECIMENTOS

Durantes os anos de elaboração desta tese muito coisa aconteceu, conheci muitas pessoas, outras depois de anos voltaram para minha vida, aprendi muito, dei boas risadas e chorei muito também... Muitas noites fiquei sem dormir, pensando, estudando escrevendo... Muitas foram às adversidades ao longo dessa caminhada, muitos foram os obstáculos e as pedras no caminho, mas enfim cheguei aqui... E aqui quero deixar minha imensa gratidão a todos que comigo caminharam...

A minha orientadora, Valesca Brasil Lemos, por todo auxílio e suporte desde a graduação, muito obrigada!

Ao CNPq pelo suporte financeiro e a UFRGS por ter se tornado a minha casa por tantos anos.

Ao Vladimir de Souza pela disponibilização das amostras, valeu Dimi!

As amigas irmãs Cassi (Leão) e Sara (Uni) por tudo o que fizeram, pelo o ombro amigo nas horas difíceis, as quais não foram poucas... Por sempre estarem do meu lado quando mais precisei, pela paciência... Amigas assim encontramos uma vez só na vida, entram por acaso, mas não é por acaso que permanecem! Muito obrigado gurias, sem vocês nada disso seria possível!!!

Em especial a Luciane Profs Moutinho pela ajuda indispensável nesta reta final, sem você Lú estaria perdida!

A Ana Karina Scomazzon, pelas revisões e puxões de orelha, Valeu Kaká!!!!

Enfim, a todos os amigos, novos e antigos, que de alguma forma contribuíram, seja com sugestões ou com conselhos durante as *Happy Hours*, quem não se arrisca a um fracasso nunca chega a uma vitória, galera esse doutorado é de todos nós!!!!!!!

Aos amigos que aqui ficam: amizades de verdade não se separam, apenas seguem caminhos diferentes, sentirei saudades galera!!!!

A persistência é o caminho do êxito (Charles Darwin).

RESUMO

O presente estudo integra informações bioestratigráficas e paleoecológicas obtidas através da análise de foraminíferos planctônicos e bentônicos recuperados dos sedimentos provenientes de cinco poços (1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15) da Bacia de Barreirinhas, perfazendo um total de 127 amostras de calha preparadas e analisadas. Os sedimentos aqui analisados abrangem os andares Albiano superior ao Campaniano superior com registro geológico inserido nos grupos Caju (Albiano - Cenomaniano) e Humberto de Campos (Turoniano - Maastrichtiano).

Através dos dados bioestratigráficos obtidos foi possível estabelecer sete biozonas de foraminíferos, de caráter local, com base na última ocorrência do táxon guia (LAD - *Last Appearance Datum*). O Albiano superior foi definido com base nas biozonas do foraminífero planctônico *Ticinella primula* Lauterbacher (1963) e foraminíferos bentônicos *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960); o Cenomaniano inferior foi determinado através das biozonas do foraminífero planctônico *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e foraminífero bentônico *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952); o Cenomaniano superior foi reconhecido através das biozonas do foraminífero planctônico *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e foraminífero bentônico *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880); o Campaniano superior foi determinado com base na biozona do foraminífero planctônico *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936).

Após a identificação da microfauna, foi possível reconhecer 108 espécies de foraminíferos pertencentes a cinco subordens: a Subordem Globigerinina, de foraminíferos planctônicos, é representada por 40 espécies e 15 gêneros; os foraminíferos bentônicos são compostos por 68 espécies e 48 gêneros, pertencentes as Subordens Rotaliina, Textulariina, Lagenina e Miliolina.

Através da análise da assembléia de foraminíferos, foi possível traçar a CCD (*Carbonate Compensation Depth* - Profundidade de Compensação do Carbonato) nos poços e separá-los com base na profundidade em: distais (1-MAS-1 e 1-MAS-14) e proximais (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15). Observou-se que a Bacia de Barreirinhas possui uma tendência geral transgressiva ao longo do Período Cretáceo, caracterizada por meio do influxo sedimentar através de variações climáticas, como o aquecimento global ocorrido neste período. Esta teoria é reforçada pela completa ausência de tecas calcárias, tanto de foraminíferos bentônicos, quanto planctônicos, associada à ocorrência exclusiva de

bentônicos aglutinantes e silicosos (*Reophax globosus*) nos poços distais ao final do Período Cretáceo.

Nos poços 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15, a fauna de foraminíferos identificada apresenta adaptações morfológicas a condições de baixa oxigenação na coluna d'água, características normalmente observadas durante os Eventos Oceânicos Anóxicos (*Oceanic Anoxic Event* - OEA). Como exemplo destas adaptações morfológicas, foram identificadas três espécies pertencentes ao gênero *Schakoina*, que possui câmaras alongadas e a espécie *Biticinella breggiensis*, que possui câmaras bilobadas, sugerindo um aumento na produtividade primária, disponibilidade de nutrientes e paleoambientes depletados em oxigênio. Com base nestas informações foi possível identificar que um Evento Anóxico de caráter local tenha ocorrido durante o Albiano superior, registrado somente nos poços 1-MAS-3A e 1-MAS-4A, enquanto que o Evento Anóxico Global 2 foi registrado no poço 1-MAS-15.

Palavras chave: Bioestratigrafia, Paleoecologia, Foraminíferos, Cretáceo;

ABSTRACT

This study integrates biostratigraphic and paleoecological information obtained through of planktonic and benthic foraminifera analysis from sediment recovered from five wells (1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 and 1-MAS-15) of Barreirinhas Basin, making a total of 127 samples prepared and analyzed. The sediments analyzed here cover the upper Albian to upper Campanian stages with geological record inserted in the Caju (Albian - Cenomanian) and Humberto de Campos (Turonian - Maastrichtian) groups.

Through the biostratigraphic data obtained it was possible to establish seven foraminiferal biozones, of local character, based on the last occurrence of taxon guide (LAD - Last Appearance Datum). The upper Albian was defined based on planktonic foraminifera biozones of *Ticinella primula* Lauterbacher (1963) and benthic foraminifera *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina Bandy* Trujillo (1960); the lower Cenomanian was determined through the planktonic foraminifera biozones of *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) and benthic foraminifera *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952); the upper Cenomanian was recognized through the planktonic foraminifera biozones of *Rotalipora appeninica* Renz (1936) and benthic foraminifera *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880); the upper Campanian was determined based on the planktonic foraminifera biozone *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936).

After the identification of microfauna, was possible to recognize 108 species of foraminifera belonging to five suborders: the Suborder Globigerinina, of planktonic foraminifera, is represented by 40 species and 15 genera; the benthic foraminifera are composed of 68 species and 48 genera, belonging to the suborders Rotaliina, Textulariina, Lagenina and Miliolina.

Through analysis of foraminifera assemblage it was possible to trace the CCD (Carbonate Compensation Depth) in the wells and separate them based on depth in: distal (1-MAS-1 and 1-MAS-14) and proximal (1-MAS-3A, 1-MAS-4A and 1-MAS-15). It was noted that the Barreirinhas Basin has an overall transgression during the Cretaceous Period, characterized by sedimentary influx through weather changes, like global warming that occurred during this period. This theory is enhanced by the complete absence of calcareous tests, both of benthic as planktonic foraminifera associated with the exclusive occurrence of agglutinating and arenaceous benthic (*Reophax globosus*) in the distal wells of the end of Cretaceous Period.

In the wells 1-MAS-3A, 1-MAS-4A and 1-MAS-15, the foraminifera fauna identified presents morphological adaptations to conditions of low oxygen in the water column, features typically seen during the Oceanic Anoxic Event (OEA's). As examples of these morphological adaptations, was identified three species of the *Schakoina* genera, which has elongated chambers and *Biticinella breggiensis* species, which has bilobated chambers, suggesting an increase in the primary productivity, nutrient availability and paleoenvironments depleted in oxygen. Based on this information it was possible to identify a local character anoxic events occurred during the upper Albian, recorded only in a well 1-MAS-3A and 1-MAS-4A, while the global anoxic event 2 was recorded in a well 1-MAS-15.

Keywords: Biostratigraphy, Paleoecology, Foraminifera, Cretaceous;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Mapa de localização.....	015
FIGURA 2. Carta Estratigráfica da Bacia Barreirinhas.....	020
FIGURA 3. Perfis litológicos	023
FIGURA 4. Tipos de parede das tecas de foraminíferos	027
FIGURA 5. Principais formas de tecas de foraminíferos	028
FIGURA 6. Principais elementos das tecas dos foraminíferos.....	028
FIGURA 7. Tipos de enrolamento das câmaras de foraminíferos pluriloculares.....	029
FIGURA 8. Quadro sistemático dos foraminíferos	030
FIGURA 9. Filogenia geral dos foraminíferos a nível de subordem.....	031
FIGURA 10. Distribuição esquemática das superfamílias de foraminíferos	032
FIGURA 11. Principais Eventos Anóxicos Globais.....	040

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	011
1.1. Objetivo	011
1.2. Benefícios Esperados	011
1.3. Considerações Iniciais	012
CAPÍTULO 2 - ÁREA DE ESTUDO	015
2.1. Localização	015
2.2. Geologia da Área	016
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS	021
3.1. Amostras.....	021
3.2. Métodos.....	023
CAPÍTULO 4 – FORAMINÍFEROS E SUA APLICAÇÃO NA BIOESTRATIGRAFIA, NA ANÁLISE PALEOECOLÓGICA E NO ESTUDO DOS EVENTOS ANÓXICOS GLOBAIS	025
4.1. Foraminíferos.....	025
4.1.1. <i>Composição e Morfologia da Teca</i>	026
4.1.2. <i>Classificação e Evolução</i>	030
4.2. Bioestratigrafia	032
4.2.1. <i>Limitações ao Zoneamento Bioestratigráfico com Base em Foraminíferos</i>	033
4.2.2. <i>Biozoneamentos para o Cretáceo Brasileiro</i>	035
4.2.2.1. <i>Bacia de Barreirinhas</i>	036
4.3. Paleoecologia	036
4.4. OEA'S	038
4.4.1. <i>Principais Eventos Anóxicos</i>	040
4.4.2. <i>Adaptações Morfológicas</i>	042
CAPITULO 5 - REFERÊNCIAS	044

CAPITULO 6 - ARTIGOS	049
Artigo 1 – <i>Bioestratigrafia de Foraminíferos da Bacia de Barreirinhas, Cretáceo do Brasil</i>	051
Artigo 2 – <i>Foraminíferos como indicadores paleoecológicos no Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, Brasil</i>	078
Artigo 3 – <i>Evidências de Eventos Anóxicos Oceânicos (Oea's) na Bacia de Barreirinhas durante o Cretáceo Inferior</i>	108
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	126
7.1. Conclusões	126
<i>7.1.1. Aspectos Bioestratigráficos</i>	126
<i>7.1.2. Aspectos Paleoecológicos</i>	127
<i>7.1.3. Aspectos Paleoceanográficos</i>	129
7.2. Considerações finais, recomendações e sugestões aos trabalhos futuros	130
<i>7.2.1. Considerações finais</i>	130
<i>7.2.2. Recomendações e sugestões aos trabalhos futuros</i>	131

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo principal realizar a *análise bioestratigráfica e paleoecológica de cinco seções do Albiano ao Campaniano da Bacia de Barreirinhas, correlacionando-as*. Este estudo foi desenvolvido focando-se três aspectos principais:

I. Identificar as espécies de foraminíferos representativas na área de estudo, com especial atenção nos principais fósseis índices no intervalo Albiano superior - Campaniano superior.

II. Analisar as associações de microfósseis estudados, reconhecendo as espécies de foraminíferos e as alterações morfológicas que podem estar relacionadas a mudanças paleoecológicas/paleoambientais à época.

III. A identificação de bioeventos que ocorreram no intervalo estudado, buscando sua correlação a nível regional e global.

1.2. BENEFÍCIOS ESPERADOS

Nesta tese, o estudo das associações de foraminíferos foi aplicado na análise bioestratigráfica tradicional, visando a definição do intervalo de tempo envolvido na gênese dos depósitos estudados e, conseqüentemente, o estabelecimento dos limites cronoestratigráficos da seção estudada.

Complementarmente, sua aplicação enquanto ferramenta de análise paleoecológica auxiliou na caracterização da estrutura das comunidades planctônicas e bentônicas e na reconstrução de paleoambientes, incluindo inferências acerca das condições paleoclimáticas, paleoecológicas e paleoceanográficas a época.

Por fim, sua aplicação na identificação de bioeventos correlacionáveis a nível regional e global demonstra seu potencial, enquanto ferramenta de análise estratigráfica, possibilitando a interpretação de fenômenos estratigráficos e o estabelecimento de correlações e extrapolações laterais, importantes para o entendimento da organização estratigráfica na escala de bacia sedimentar.

Desta forma, além do avanço nos conhecimentos estabelecidos para o intervalo Albiano/Campaniano, alcançado através da aplicação direta da bioestratigrafia de foraminíferos nos depósitos da Bacia de Barreirinhas, espera-se, através do estudo das feições morfológicas e tafonômicas das associações de foraminíferos, com a integração entre dados sedimentológicos, estratigráficos, bioestratigráficos, paleontológicos e sobre bioeventos a geração de informações que auxiliem na compreensão dos processos deposicionais dominantes na formação dos depósitos estudados. Assim, além da contribuição no estabelecimento do intervalo de tempo envolvido na geração dos depósitos relacionados à seção estudada e de seus limites cronoestratigráficos, a integração de dados poderá auxiliar na identificação e correlação lateral de horizontes estratigráficos potencialmente úteis na exploração de bens minerais, água e hidrocarbonetos.

1.3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta tese foi desenvolvida, de acordo com as normas do Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS, sob a forma de 3 artigos científicos tendo a aluna como primeira autora. Além dos artigos científicos, que compreendem o arcabouço analítico no qual este trabalho se sustenta, incluindo os dados obtidos e as interpretações a eles relacionados, esta tese conta com uma parte introdutória, que será detalhada nos seguintes capítulos:

O capítulo 1 consiste de uma breve introdução onde constam o objetivo e informações sobre a organização geral do trabalho.

O capítulo 2 apresenta a localização dos poços estudados e traz a contextualização da área de estudo, através de uma síntese sobre a geologia da Bacia de

Barreirinhas, abordando as principais informações sobre a origem, evolução e sedimentação desta bacia.

O Capítulo 3 trata dos materiais e métodos utilizados, descrevendo as metodologias empregadas desde a seleção e preparação das amostras, incluindo a obtenção e identificação dos foraminíferos. A partir do material coletado, preparado e triado, realizou-se um estudo de classificação taxonômica, consiste na base do desenvolvimento da tese.

O Capítulo 4 contém a identificação e classificação, descrição e discussão dos aspectos mais relevantes acerca dos foraminíferos. Nele também estão considerações acerca da Bioestratigrafia com base em foraminíferos, a aplicação destes organismos como ferramentas de análise paleoecológica e no estudo dos Eventos Anóxicos Globais.

O Capítulo 5 apresenta as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento de parte da tese, excluindo-se aquelas referentes aos artigos científicos.

No Capítulo 6 estão os artigos gerados a partir desta tese, sendo eles:

Artigo 1 – SILVA, C. P.; LEMOS V. B.; SOUZA, V.; NASCIMENTO, S. *Bioestratigrafia de Foraminíferos da Bacia de Barreirinhas, Cretáceo do Brasil*. Submetido à Revista Brasileira de Geociências.

Este artigo trata dos dados bioestratigráficos obtidos através da identificação de foraminíferos planctônicos e bentônicos recuperados de cinco poços provenientes da Bacia de Barreirinhas. Neste são propostas quatro zonas de foraminíferos planctônicos e três zonas de foraminíferos bentônicos, todas de caráter local para o Cretáceo da Bacia de Barreirinhas.

Artigo 2 – SILVA, C. P.; LEMOS V. B.; SOUZA, V.; MOUTINHO, L. P.; NASCIMENTO, S. *Foraminíferos como indicadores paleoecológicos no Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, Brasil*. Submetido à Revista Gaea - Unisinos.

Neste artigo, através da análise da assembléia de foraminíferos obtidos de 127 amostras de calha provenientes de 5 poços foi possível traçar a CCD nos poços e separá-los com base na profundidade. Observou-se uma tendência geral transgressiva na bacia por meio do influxo sedimentar, caracterizando as variações climáticas ao longo do Período Cretáceo. A fauna de

foraminíferos recuperada consiste de planctônicos com baixa diversidade e grande abundância ocorrendo também, bentônicos e raras espécies aglutinantes associadas à deposição abaixo da zona de CCD.

Artigo 3 – SILVA, C. P.; LEMOS, V. B.; SOUZA, V.; NASCIMENTO, S. *Evidências de Eventos Anóxicos Oceânicos (Oea's) na Bacia de Barreirinhas durante o Cretáceo Inferior*. Submetido a Revista Pesquisas em Geociências.

Este artigo apresenta a ocorrência de dois Eventos Oceânicos Anóxicos na Bacia de Barreirinhas utilizando-se foraminíferos planctônicos obtidos de três poços. Sugere-se, assim, um Evento Anóxico de caráter local durante o Albiano superior e outro de caráter mundial durante o Cenomaniano superior e que pode ser correlacionável ao OEA 2.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas nesta tese e recomendações aos trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - ÁREA DE ESTUDO

2.1. LOCALIZAÇÃO

Segundo Feijó (1994) a Bacia de Barreirinhas ocupa a porção costeira e de plataforma continental do Estado do Maranhão, localizada na costa equatorial brasileira. É limitada pelos meridianos de 44° e 42° W e a Leste pelo Alto de Tutóia, que a separa da Bacia do Ceará. Trosdorf Junior *et al.* (2007), situam a bacia entre os meridianos 44° e 42° W e paralelos 0° e 3° S, englobando uma área de 46.000 km², predominantemente *offshore*. Estes autores consideram seus limites a leste pelo Alto de Tutóia, a sul pelo embasamento raso e a oeste pela plataforma de Ilha de Santana. A noroeste o limite é arbitrário, pois não existe nenhuma feição geológica que a separe da Bacia Pará-Maranhão.

Os poços estudados, 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15, (Fig. 1) situam-se próximos a cota batimétrica de 50 m com registro geológico inserido nos grupos Caju (Albiano-Cenomaniano) e Humberto de Campos (Turoniano-Maastrichtiano).

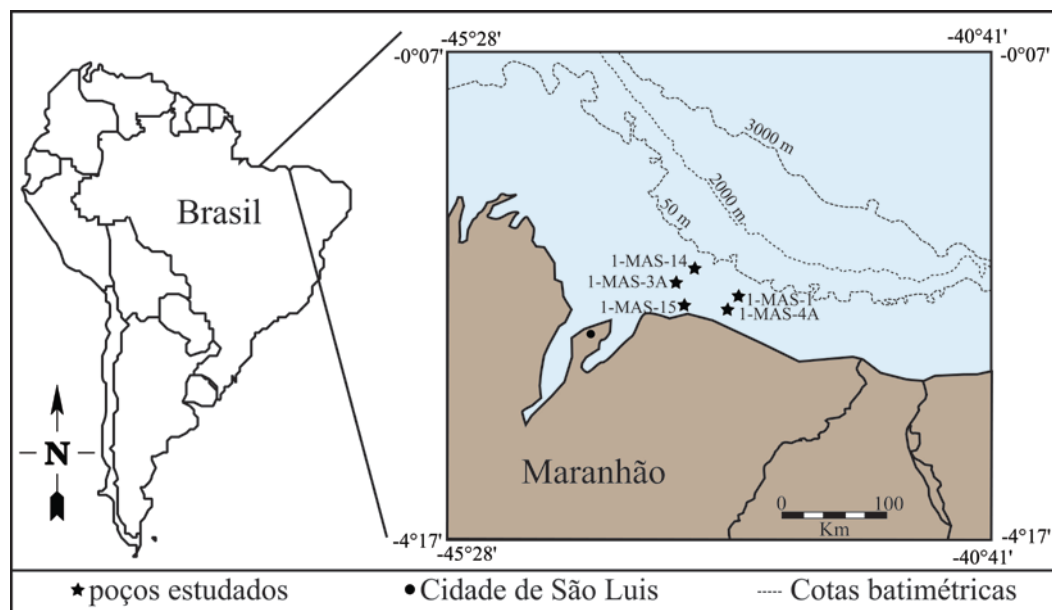


FIGURA 1. Mapa de localização da Bacia Barreirinhas e dos poços estudados, 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 (modificado de ANP, 2011).

2.2. GEOLOGIA DA ÁREA

A Bacia de Barreirinhas é considerada um clássico exemplo de bacia transtensional rômica. Durante sua gênese, a tafrogênia cretácica iniciou e terminou tardiamente, em relação às outras bacias da margem continental, o que permitiu que parte do *rifte* fosse preenchida em ambiente marinho durante o Albiano (TROSSTORF JUNIOR *ET AL.*, 2007).

De acordo com Feijó (1994), a Bacia de Barreirinhas está dividida litoestratigraficamente em três grupos:

GRUPO CANÁRIAS: Compreende leques deltáicos de ambiente marinho, de idade eo/mesoalbiana, datados com base em foraminíferos planctônicos e palinórfos (REGALI *ET AL.*, 1985). É composto por rochas de origem siliciclástica, incluindo arenito lítico imaturo, cinza-claro, fino a grosso; siltito cinza a castanho-avermelhado e folhelho cinza-médio a esverdeado.

Este grupo é formado pelas seguintes formações:

- **Formação Arpoador** – folhelhos escuros;
- **Formação Bom Gosto** - arenitos grossos;
- **Formação Tutóia** - folhelhos escuros;
- **Formação Barro Duro** - arenitos médios cinzentos.

GRUPO CAJU: Corresponde a um ambiente nerítico de alta e baixa energia, datado como Neoalbiano com base em foraminíferos planctônicos e palinórfos (REGALI *ET AL.*, 1985). O Grupo Caju é composto por rochas de origem marinha, incluindo calcarenitos, calcilutitos e folhelhos subordinados e inclui as seguintes formações:

- **Formação Bonfim** - calcarenitos bioclásticos e oncolíticos;
- **Formação Preguiças** - calcilutitos creme;

- **Formação Peria** - composta por folhelhos cinzas e calcarenitos subordinados, corresponde a um ambiente marinho raso de idade Neoalbiana.

GRUPO HUMBERTO DE CAMPOS: Equivale a um ambiente marinho profundo, batial e abissal, datado com base em palinomorfos como pertencente ao intervalo Turoniano - Oligoceno (REGALI *ET AL.*, 1985). O Grupo Humberto de Campos é composto por rochas de origem marinha, incluindo carbonatos de alta energia, folhelhos escuros, clásticos grossos e arenitos finos e inclui as seguintes formações:

- **Formação Areinhas** - clásticos grossos;
- **Formação Ilha de Santana** - carbonatos de alta energia;
- **Formação Travosas** - folhelhos escuros e arenitos finos.

Em termos de seqüências sedimentares, são reconhecidas três megasseqüências sedimentares para a Bacia de Barreirinhas, segundo Webster (2003):

- **Megasseqüência pré-rifte** – Rochas sedimentares e ígneas da subjacente Bacia do Parnaíba e, também, sedimentos jurássicos e eocretácicos, além de rochas ígneas da Formação Sardinha;
- **Megasseqüência sinrifte** - De idade Eo-Cretácea ao Albo - Aptiano, iniciou com a tectônica extensional, sendo representada pelos sedimentos clásticos de um complexo flúvio-deltáico correspondentes ao Grupo Canárias;
- **Megasseqüência pós-rifte:** inclui as rochas dos grupos Caju e Humberto de Campos, sendo o primeiro composto por clásticos e carbonatos de alta e baixa energia albo-cenomanianos e o último correspondente a uma seção progradante nerítica e batial, de idade turoniana - oligocênica;

De acordo com Trosdorf Junior *et al.* (2007), esta bacia está dividida em duas superseqüências, conforme a área de interesse (Fig. 2):

SUPERSEQUÊNCIA RIFTE - Composta por 3 seqüências do Aptiano ao Albiano que incluem:

-Seqüência K40 (RIFTE II) - Composta por arenitos e folhelhos do Aptiano, ocorre somente na porção marinha da bacia;

-Seqüência K50 - Engloba a Formação Codó, sendo composta por calcilutitos e folhelhos lagunares;

-Seqüência K60 (Rifte III – Albiano) – Litoestratigraficamente corresponde aos grupos Canárias e Caju, sendo composta por sedimentos siliciclásticos continentais a parálidos, gradando para carbonatos, folhelhos e arenitos marinhos.

SUPERSEQUENCIA DRIFTE: Composta por 5 seqüências, ocorre durante o Neo-albiano e possui três estágios de evolução tectono-sedimentar distintos, sendo eles:

1- sedimentação predominantemente carbonática;

2- predomínio de sedimentação siliciclástica em bacia tipicamente de margem passiva;

3- retorno da sedimentação carbonática associada à transgressão do mar de Pirabas durante o Mioceno;

As seqüências que a constituem são as seguintes:

- Seqüência K70 – possui elevadas taxas de subsidência e deposição, é caracterizada por uma plataforma mista formada por calcarenitos bioclásticos e oncolíticos (correlatos litoestratigraficamente a Formação Bonfim), calcilutitos, margas e folhelhos (correlatos litoestratigraficamente a Formação Preguiças) e clásticos de ambiente marinho raso (correlatos litoestratigraficamente a Formação Periaí);

- Seqüência K82 – composta por calcarenitos bioclásticos e oncolíticos de plataforma carbonática correlatos litoestratigraficamente a Formação Bonfim;

- Seqüência K84 – K86 – caracterizada por um grande hiato deposicional na porção intermediária do Turoniano (91,5 Ma), com excelente correlação com uma importante queda do nível dos mares reconhecida mundialmente. Esta queda é motivo pelo qual a maioria dos poços perfurados na Bacia de Barreirinhas não possui a porção inferior do Turoniano;

- **Seqüência K88 – K90** – Esta seqüência é caracterizada pelo desenvolvimento de leques deltaicos e sedimentação carbonática incipiente e registra uma discordância na porção intermediária do Campaniano (79,5Ma), associada a um rebaixamento dos mares a nível global. Esta discordância marca a mudança do padrão estratigráfico retrogradacional para progradacional no preenchimento da bacia;

- **Seqüência K100-K120** – Esta seqüência é marcada por um soerguimento das áreas continentais da Margem Continental Brasileira durante o Maastrichtiano, teoria que foi comprovada com base em estudos recentes realizados através de Traços de Fissão em Apatitas.

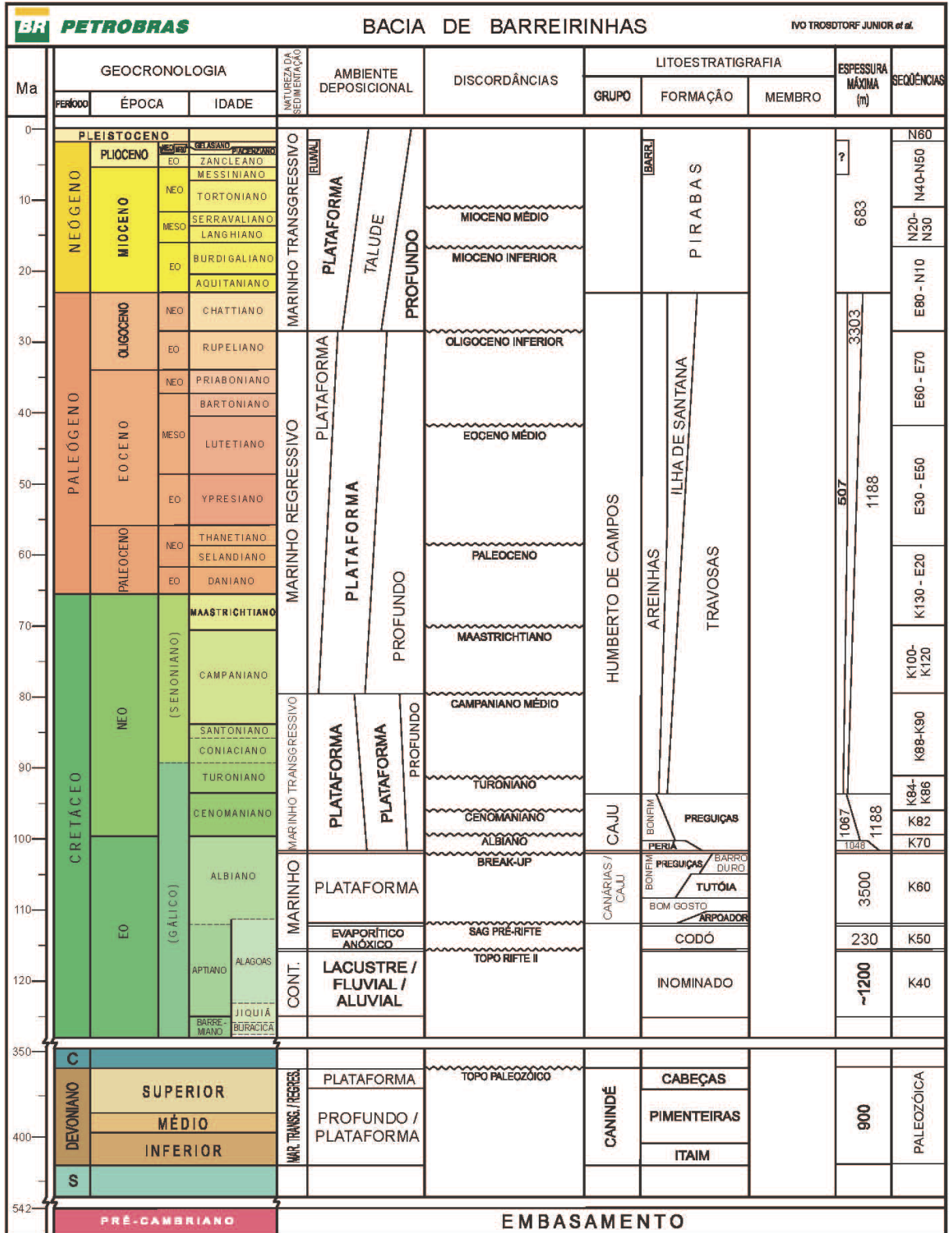


FIGURA 2. Carta Estratigráfica da Bacia Barreirinhas (modificado de TROSDTORF JUNIOR ET AL., 2007).

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas no presente estudo foram encaminhadas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) para o Dr. Vladimir de Souza – Universidade Federal de Roraima e, posteriormente, cedidas para a aluna visando à análise de microfósseis carbonáticos. Para a preparação dos foraminíferos, utilizou-se a metodologia de Leipnitz & Aguiar (2002), sendo que para cada horizonte amostrado foi recolhido em torno de 100g de material sedimentar, das quais foram separadas 20g para serem analisadas e o restante, armazenado.

3.1. AMOSTRAS

Foram preparadas e analisadas 127 amostras de calha, provenientes de cinco poços 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 (Fig. 3), coletadas da seguinte maneira:

No poço 1-MAS-1 foram coletadas 33 amostras, a cada 18 metros, compreendendo o intervalo de 906 a 1500 metros de profundidade (Fig. 3). Estas são pertencentes ao Grupo Caju, abrangendo o Cenomaniano e compostas, da base para o topo, por intercalações de folhelhos e margas, *mudstones* e folhelhos interpostos com arenito;

O poço 1-MAS-3A possui um intervalo de amostragem a cada 15 metros, com um total de 20 amostras coletadas, abrangendo 2160 a 2535 metros de profundidade (Fig. 3). Provenientes dos grupos Canárias, Caju e Humberto de Campos, abrangem o Albiano inferior ao Cenomaniano superior e constituem-se, basicamente, de extensos pacotes de folhelhos intercalados com *mudstones*;

Do poço 1-MAS-4A foram coletadas 21 amostras com intervalos de amostragem de 15 metros, iniciando-se em 1130 até 1470 metros de profundidade (Fig. 3). Representantes dos grupos Canárias e Caju, compreendem o Albiano superior ao

Cenomaniano superior e são compostas por folhelhos intercalados com pequenos pacotes de *mudstones* e margas;

O poço 1-MAS-14 possui um intervalo de amostragem a cada 18 metros, partindo de 972 até 1710 metros de profundidade e perfazendo um total de 41 amostras coletadas (Fig. 3). Inseridas dentro do Grupo Caju, abrangem essencialmente o Cenomaniano e são compostas por intercalações de folhelhos, margas e arenitos;

Do poço 1-MAS-15 foram coletadas 12 amostras, a cada 15 metros, dentro do intervalo de 2700 a 2900 metros de profundidade (Fig. 3). Estas representam os grupos Canárias e Caju, abrangendo o Albiano superior ao Cenomaniano e são constituídas de *mudstones*, intercalações de folhelhos e margas e folhelhos interpostos a arenitos.

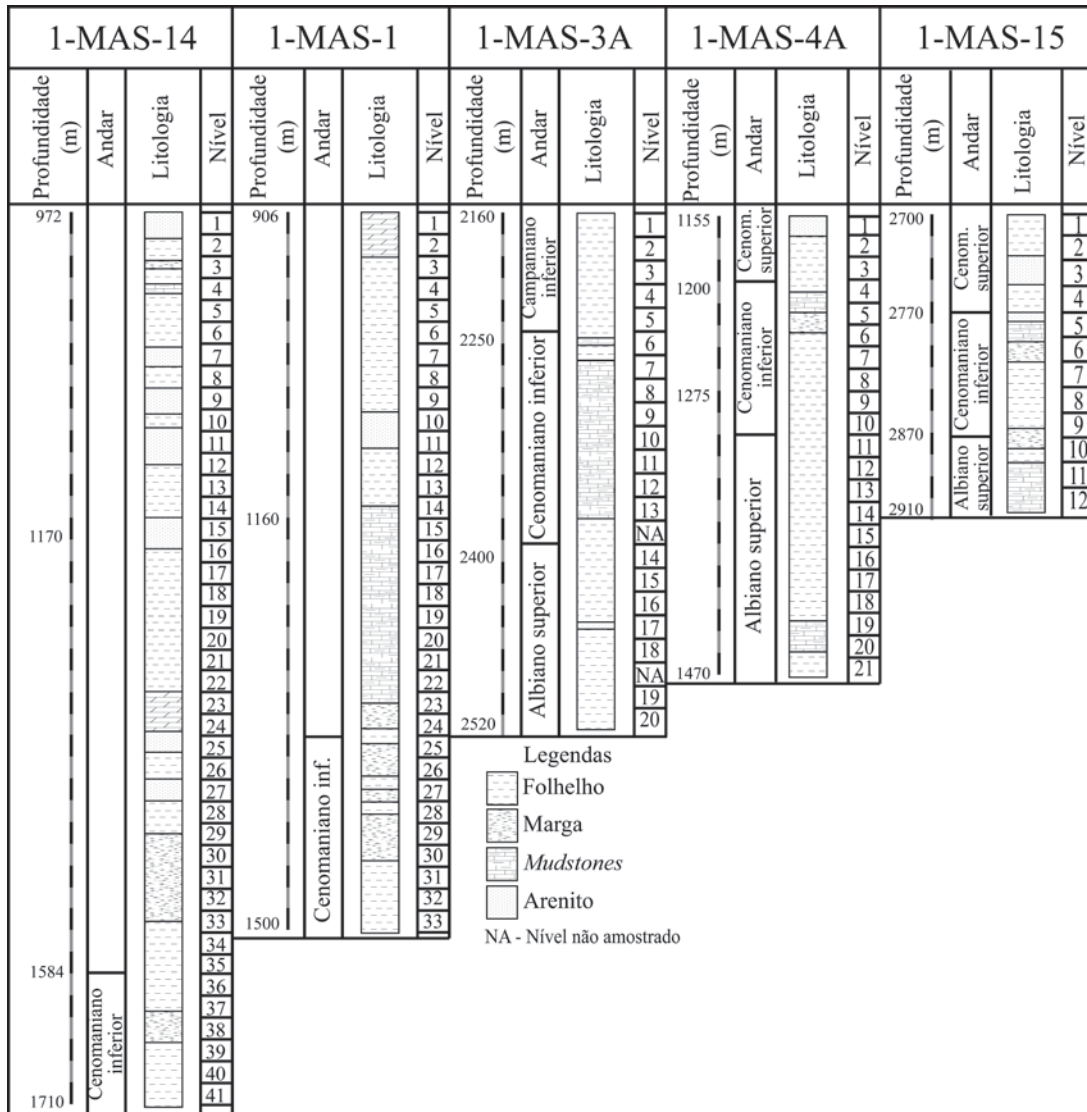


FIGURA 3. Perfis litológicos dos poços 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15, indicando a profundidade e os níveis de coleta das amostras. A idade em andares e as litologias também são apresentadas.

3.2. MÉTODOS

A depender do tipo de rocha, o processo de obtenção dos foraminíferos pode ser dividido em duas etapas de trabalho e suas respectivas metodologias, ambas visando à recuperação, confecção de lâminas associativas e a identificação taxonômica da microfauna de foraminíferos.

O processamento mecânico das amostras inclui sua trituração, pesagem, lavagem, triagem, seleção e confecção de lâminas associativas. O processamento químico consiste na utilização água oxigenada (H_2O_2 , 30 v, 10%) para desagregação do material friável e quando necessário, faz-se o uso de almofariz e pilão para as amostras mais litificadas. Posteriormente, o material processado deve ser peneirado nas malhas de 0,044mm, 0,063mm e 0,250mm e seco em estufa a 60°C.

Neste estudo foram examinadas todas as frações, com recuperação da microfauna total de foraminíferos. Procedeu-se então a contagem (análise quantitativa) e identificação taxonômica dos foraminíferos (análise qualitativa), sendo que para identificar e classificar as famílias, gêneros e espécies de foraminíferos foram utilizados os trabalhos de sistemática propostos por Loeblich & Tappan (1988) e Jenkins & Murray (1989). Para tanto, foram obtidas 1.100 fotomicrografias, das quais 800 são de tecas de foraminíferos planctônicos e 300 de tecas de bentônicos. As fotomicrografias foram realizadas através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e executadas em diferentes escalas, de acordo com as dimensões do material analisado, o que tornou possível definir características morfológicas importantes para a classificação do material analisado.

A interpretação das análises morfológicas e a realização de inferências paleoecológicas, paleoceanográficas e bioestratigráficas serão, por sua vez, detalhadas nos artigos científicos que compõem o capítulo 6 desta tese.

CAPÍTULO 4 – FORAMINÍFEROS E SUA APLICAÇÃO NA BIOESTRATIGRAFIA, NA ANÁLISE PALEOECOLÓGICA E NO ESTUDO DOS EVENTOS ANÓXICOS GLOBAIS

4.1. FORAMINÍFEROS

De acordo com Margulis & Schwartz (1999), os foraminíferos são organismos pertencentes ao Filo Granuloreticulosa, Reino Protocista, sendo inseridos no Super-reino Eucaria. Este grupo de microfósseis surgiu no Cambriano e ocorre até o Recente (MOLINA, 2004).

Estes organismos secretam uma teca interna que pode ser composta por carbonato de cálcio (CaCO_3) sob a forma de calcita ou aragonita, ser aglutinada por partículas de sedimentos ou, mais raramente, ser orgânica. A teca é formada por uma ou várias câmaras, que se intercomunicam através de uma ou mais aberturas, chamadas foramens (MOLINA, 2004).

São organismos unicelulares, heterotróficos, predominantemente marinhos, de hábito planctônico ou bentônico. Os foraminíferos planctônicos vivem em geral próximos à superfície (6 a 30 metros de profundidade), sendo praticamente ausentes abaixo de 200 metros de profundidade. Foraminíferos bentônicos vivem sobre (epifaunais) ou dentro (infaunais) do substrato marinho, podendo ser livres ou fixos (VILELA, 2004).

Como exemplos da aplicação dos foraminíferos, os bentônicos são muito utilizados em estudos paleoecológicos, uma vez que sua ocorrência é fortemente controlada por variáveis ecológicas, sendo igualmente importantes na caracterização de paleoambientes e reconstruções paleogeográficas. Com o surgimento de formas planctônicas a partir do Jurássico, os foraminíferos tornaram-se importantes na bioestratigrafia, devido à ampla distribuição geográfica das espécies e linhagens facilmente determinadas nas camadas estratigráficas (VILELA, 2004).

4.1.1. COMPOSIÇÃO E MORFOLOGIA DA TECA

Segundo Molina (2004) e Vilela (2004) existem três tipos de teca, elas podem ser orgânicas, aglutinantes ou calcárias, conforme descrito a seguir:

1) Tecas de Parede Orgânica - são as mais simples e primitivas, constituídas por uma substância orgânica quitinóide ou queratinosa, este tipo de teca não fossiliza (Fig. 4A).

2) Tecas Aglutinantes - constituídas por um conjunto de partículas de material exógeno, como areia, fragmentos calcários e espículas, cimentadas sobre uma camada orgânica produzida pelo próprio organismo (Fig. 4B).

3) Tecas Calcárias - são as mais comuns, normalmente formadas por calcita, e subdividas em:

- Calcárias Microgranulares - compostas por justaposição de grânulos subsféricos de dimensões homogêneas, menores que $5\mu\text{m}$ (Fig. 4C).

- Calcárias Porcelanáceas - constituídas por micro cristais de calcita ($0,1-2\mu\text{m}$), os quais não possuem direção preferencial, apesar de possuírem uma capa externa de cristais orientados longitudinalmente que lhes conferem seu brilho porcelanado (Fig. 4D).

- Calcárias Hialinas - possuem aparência transparente e vítrea, quando as paredes são mais delgadas ou aspecto branco translúcido, quando as paredes da teca são mais espessas (Fig. 4E).

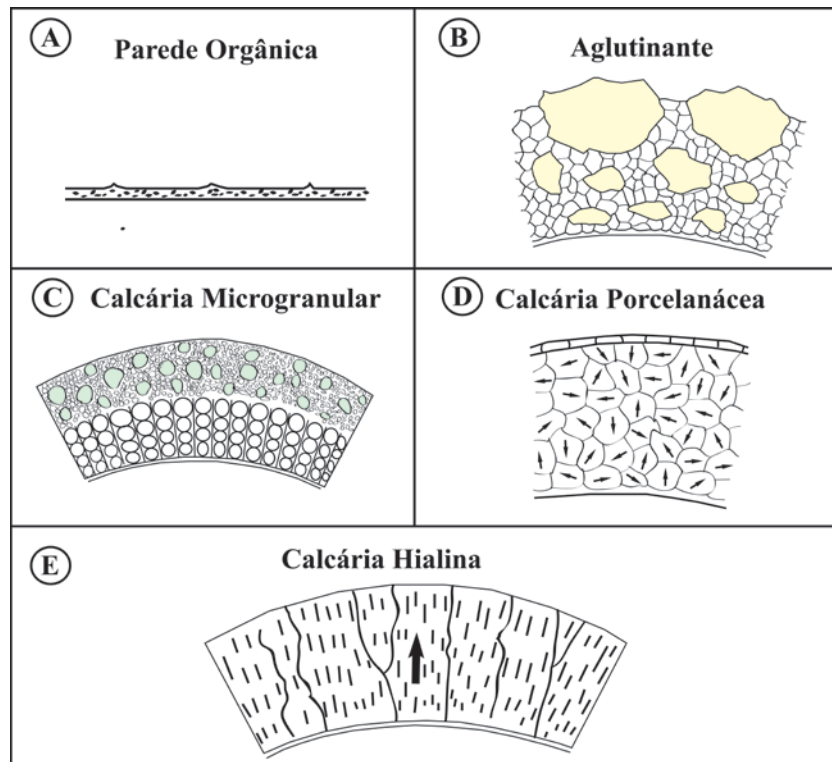


FIGURA 4. Tipos de parede das tecas de foraminíferos (modificado de MOLINA, 2004).

Segundo Vilela (2004), as carapaças dos foraminíferos podem ter inúmeras formas e apresentar vários elementos. As câmaras são limitadas por linhas de sutura e as aberturas podem ser simples ou múltiplas.

Na figura 5, encontram-se as principais formas das tecas dos foraminíferos e exemplos das principais espécies. As tecas podem apresentar forma esférica, de frasco, cilíndrica, estrelada, cônica, alongada, lenticular, discoidal, plano-convexa ou globosa.

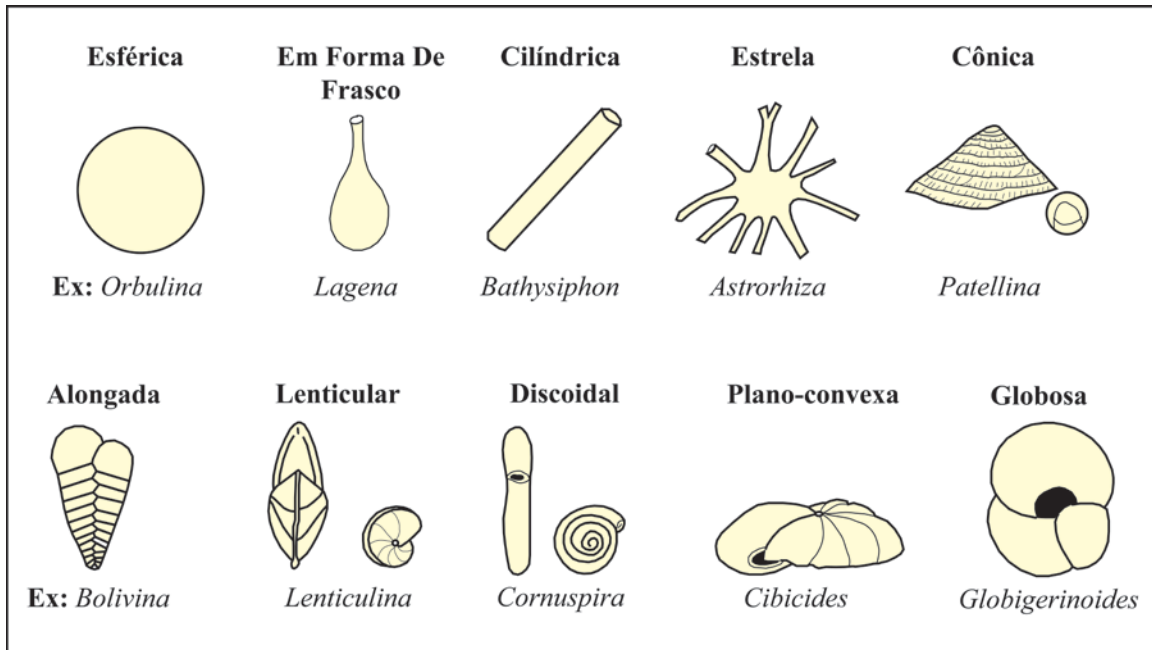


FIGURA 5. Principais formas de tecas de foraminíferos (modificado de VILELA, 2004).

A figura 6 apresenta os principais elementos da teca dos foraminíferos, mostrando aberturas e ornamentações.

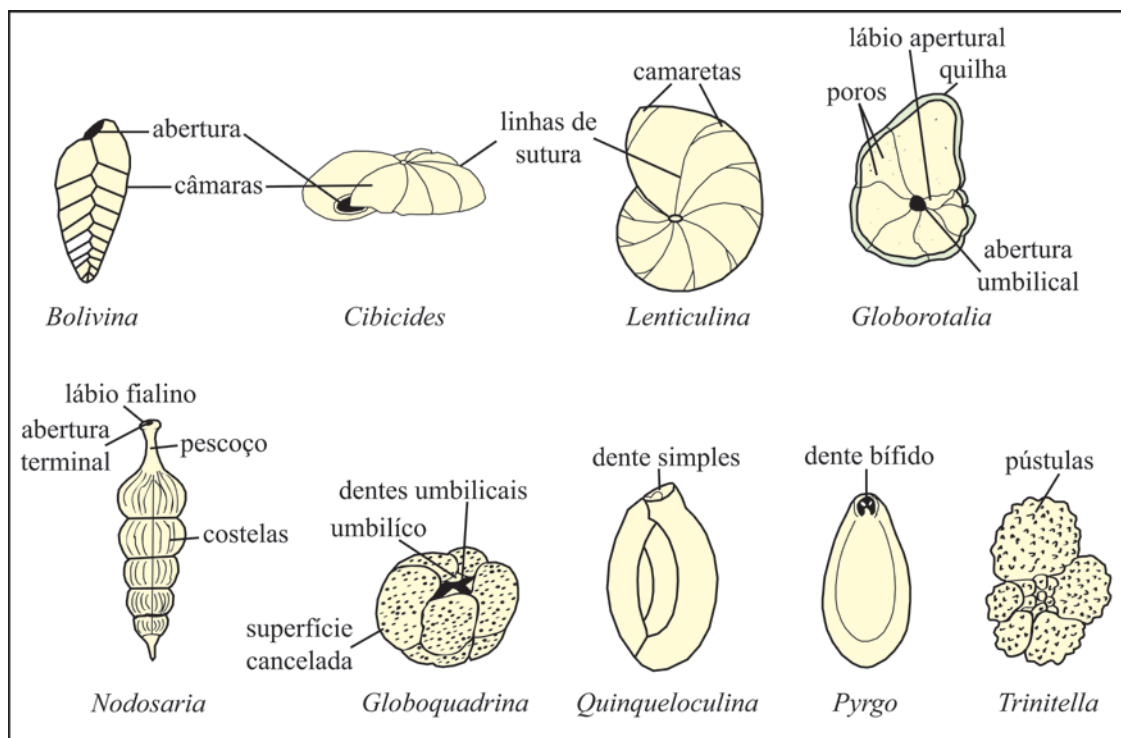


FIGURA 6. Principais elementos das tecas dos foraminíferos (modificado de VILELA, 2004).

Segundo Vilela (2004), de acordo com o número de câmaras, as tecas dos foraminíferos podem ser uni ou pluriloculares. As primeiras, uniloculares, não possuem divisões, enquanto as carapaças pluriloculares são classificadas como retas, enroladas ou miliolidiformes (Fig. 7).

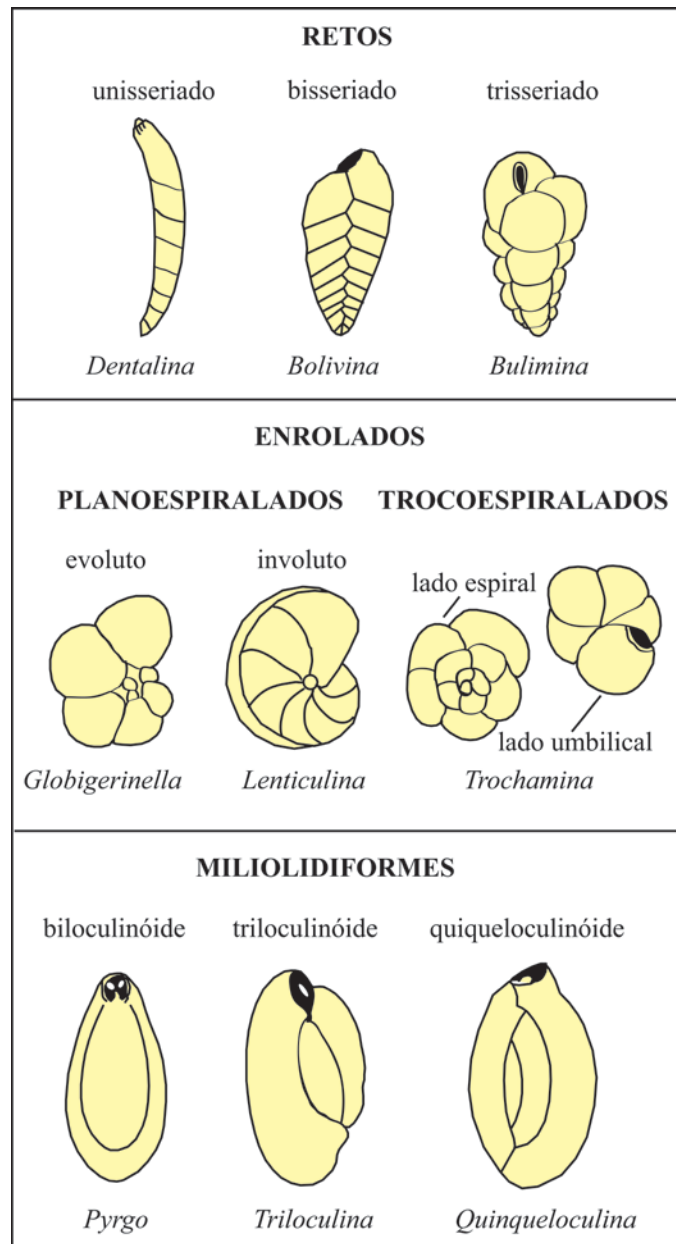


FIGURA 7. Tipos de enrolamento das câmaras de foraminíferos pluriloculares (modificado de VILELA, 2004).

4.1.2. CLASSIFICAÇÃO E EVOLUÇÃO

Segundo Molina (2004) o primeiro estudioso a utilizar a natureza da teca como principal caractere diagnóstico para a classificação sistemática de foraminíferos foi Williansom em 1852. Refere também, que as primeiras classificações sistemáticas se estabeleceram principalmente em função da disposição das câmaras e abertura da teca destes organismos, sendo estas realizadas, principalmente por micropaleontólogos.

Loeblich & Tappan (1988) estabeleceram doze subordens (Fig. 8) e setenta e quatro superfamílias para a ordem dos foraminíferos, sendo esta a classificação amplamente utilizada até que os mesmos autores, alguns anos depois, elevaram os foraminíferos a categoria de classe (Classe Foraminifera) e reconheceram quatorze ordens: Allogromiida, Astrorrhizida, Lituolida, Trochamminida, Textulariida, Fusulinida, Espirillida, Carterinida, Miliolida, Lagenida, Robertinida, Globigirenida, Buliminida e Rotaliina.

ORDEM FORAMINIFERIDA				
SUBORDEM	COMPOSIÇÃO DA PAREDE	HÁBITO	Nº DE FAMÍLIAS E SUPERFAMÍLIAS	PERÍODO/ÉPOCA
Allogomiina	Quitinóide	Bentônico	5 famílias	Cambriano superior - Holoceno
Textulariina	Aglutinante	Bentônico	19 superfamílias	Cambriano inferior - Holoceno
Fusulinina	Calcária Microgranular	Bentônico	13 superfamílias	Siluriano inferior - Permiano superior
Involutinina	Aragonítica	Bentônico	4 famílias	Permiano inferior - Holoceno
Spitillinina	Calcária Monocristalina	Bentônico	2 famílias	Triássico Superior - Holoceno
Cartetinina	Calcária Espicular	Bentônico	1 família	Eoceno ? - Holoceno
Miliolina	Calcária Porcelanácea	Bentônico	5 superfamílias	Carbonífero - Holoceno
Silicoloculinina	Sílico Opalina	Bentônico	1 família	Mioceno superior - Holoceno
Lagenina	Calcária Radial	Bentônico	2 superfamílias	Siluriano superior - Holoceno
Robertinina	Aragonítica	Bentônico	4 superfamílias	Triássico Médio - Holoceno
Globigerinina	Calcária Hialina	Planctônico	7 superfamílias	Jurássico Médio - Holoceno
Rotaliina	Calcária Hialina	Bentônico	24 superfamílias	Triássico - Holoceno

FIGURA 8. Quadro sistemático dos foraminíferos (modificado de LOEBLICH & TAPAN, 1988).

Desde o seu aparecimento, os foraminíferos têm seguido um padrão geral de diversificação com o aumento da complexidade da morfologia externa e interna, bem como da composição e estrutura da parede da teca (MOLINA, 2004). Segundo Zerfrass & Andrade (2008) a evolução dos primeiros foraminíferos iniciou-se com formas uniloculares de parede orgânica simples que evoluíram para formas com parede aglutinada e, posteriormente para formas multiloculares. Os primeiros foraminíferos surgiram na base do Cambriano e constituíam formas aglutinantes, sendo que o mais antigo foraminífero já registrado, *Platysolenites antiquissimus* Eichwald (1980), surgiu entre 545 e 540 Ma. Posteriormente, no Siluriano, surgiram os foraminíferos bentônicos de parede calcária e, no final do Triássico, os foraminíferos plantônicos.

De acordo com Molina (2004), as diversas tendências evolutivas dos foraminíferos podem ser observadas na figura 9.

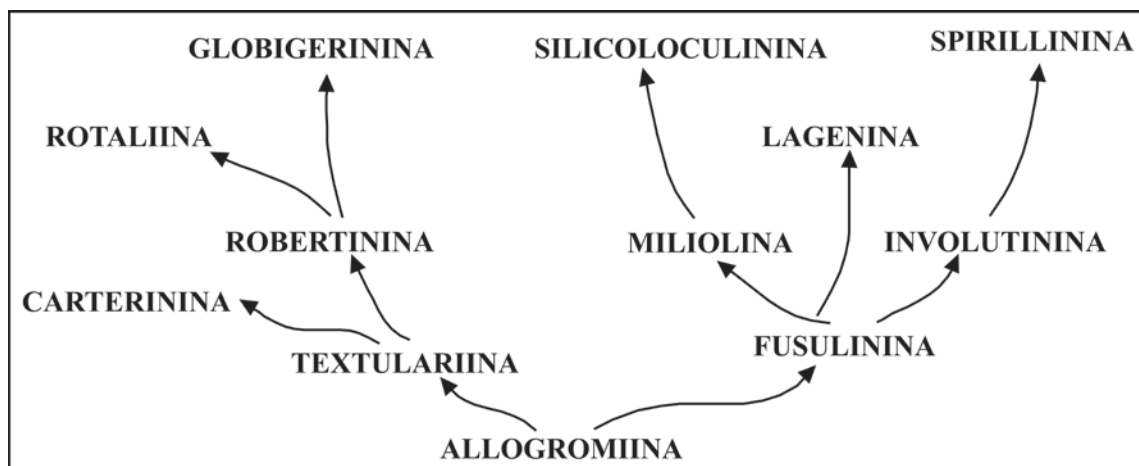


FIGURA 9. Filogenia geral dos foraminíferos em nível de subordem (modificado de MOLINA, 2004).

Segundo Jenkis & Murray (1989), ao longo do Período Cretáceo a fauna de foraminíferos mudou em resposta as variações ambientais, em especial a variação do nível dos mares. Estas flutuações ambientais mudaram a natureza da fauna, sendo as superfamílias Lituolacea/Nodosariacea/Robertinacea, predominantes durante o Cretáceo inferior, substituídas pelas superfamílias Lituolacea/Cassidulinacea/Buliminacea/Globigerinacea, no Cretáceo superior. Esta mudança na fauna esta sumarizada na figura 10, a qual demonstra a

dominância relativa de cada uma das sete superfamílias de foraminíferos ao longo de todo o Cretáceo.

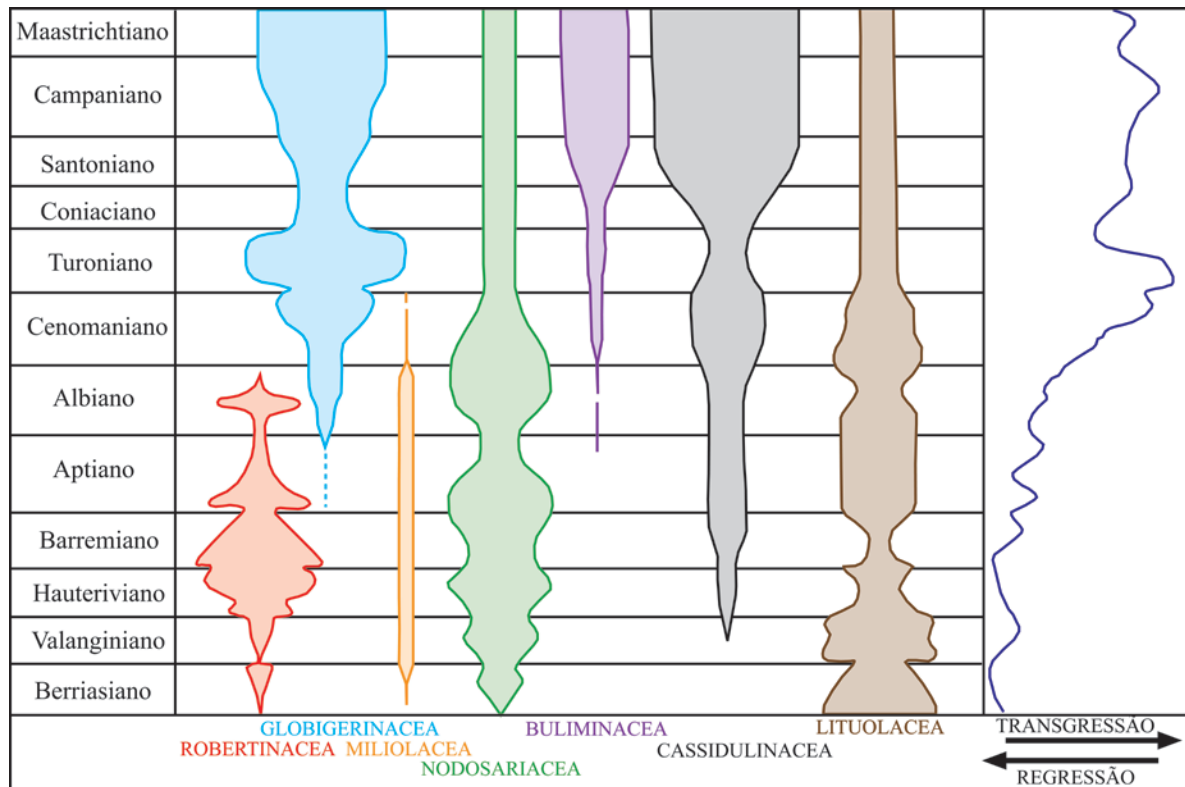


FIGURA 10. Distribuição esquemática das superfamílias de foraminíferos ao longo do Período Cretáceo (modificado de JENKIS & MURRAY, 1989).

4.2. BIOESTRATIGRAFIA

A Bioestratigrafia tem como um de seus principais objetivos a correlação estratigráfica, pois ao se estabelecer um zoneamento bioestratigráfico (criação de novas biozonas) existe a possibilidade de correlação lateral. Por essa razão prefere-se usar fósseis guias para o desenvolvimento destes estudos (MOLINA, 2004).

Segundo Molina (2004), os fósseis guias mais úteis são aqueles que cumprem os seguintes requisitos: 1) apresentam uma evolução rápida, 2) possuem ampla distribuição geográfica, 3) apresentam independência do ambiente, 4) possuem grande abundância, 5) são de fácil reconhecimento.

Os foraminíferos apresentam uma rápida proliferação e evolução, bem como ampla distribuição geográfica e fácil reconhecimento morfológico, o que permite sua utilização como marcadores bioestratigráficos (ANTUNES & MELO, 2001).

De acordo com Bolli *et al.* (1994) o reconhecimento do valor bioestratigráfico dos foraminíferos teve início apenas no final do século XIX, em função da demanda da indústria do petróleo e a necessidade de datação das seções de poços para posterior comparação com os estratos aflorantes.

A utilização de foraminíferos plantônicos para a correlação de estratos teve início com J. Grzybowski, através do estudo de poços perfurados, no intuito de localizar petróleo na Áustria, em meados de 1898. Já os foraminíferos bentônicos foram usados com propósitos estratigráficos na primeira metade do século 20, uma vez que o conhecimento acerca da taxonomia e das linhagens evolutivas dos foraminíferos plantônicos ainda não estava bem fundamentado.

Com relação à aplicação bioestratigráfica dos foraminíferos, cabe ressaltar que estudos correlacionando a distribuição das espécies bentônicas com os zoneamentos de plantônicos vem aumentando nas duas últimas décadas (BOLLI *ET AL.*, 1994).

4.2.1. LIMITAÇÕES AO ZONEAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO COM BASE EM FORAMINÍFEROS

Dentre os aspectos limitantes ao emprego dos foraminíferos em bioestratigrafia estão: as altas suscetibilidades das tecas aos processos diagenéticos, a forte influência exercida pela temperatura da água na distribuição dos diferentes *taxa* e o fato de que as espécies representadas por indivíduos muito pequenos estão sujeitas a serem confundidas com formas jovens de outras espécies, uma vez que as feições morfológicas distintivas são imprecisas em espécimes pequenos e ainda imaturos (ZERFASS & ANDRADE, 2008; MOLINA, 2004). Além destes, temos:

1) Efeito Elvis - Ocorre quando duas espécies diferentes, cronologicamente consecutivas, desenvolvem características semelhantes e acabam sendo confundidas no registro. Isto se deve ao fato de que os foraminíferos estão sujeitos a adaptações morfológicas e sendo assim, sua teca esta fortemente condicionada pelo ambiente em que eles se desenvolvem. Visando evitar este tipo de confusão deve-se levar em consideração a assembléia de foraminíferos associada a estas espécies.

2) Fatores Tafonômicos - A dissolução é um dos principais fatores que afetam os microfósseis de parede calcária, uma vez que sua preservação é afetada diretamente pela solubilidade do carbonato de cálcio. O processo de dissolução pode afetar a carapaça de alguns táxons em maior grau do que outros, podendo chegar à dissolução total das carapaças. Assim, são gerados tendenciamentos no registro fóssil, ocasionando interpretações equivocadas sobre padrões de extinção e causando, como consequência, distorções no posicionamento dos limites das biozonas.

Segundo Larsen & Chilingar (1983), a concentração de carbonato de cálcio nos oceanos diminui com o aumento da profundidade, enquanto a solubilidade de CaCO_3 aumenta proporcionalmente ao aumento da pressão e diminuição da temperatura. Estes autores também afirmam que as tecas mais espessas e porosas têm maior resistência à dissolução na coluna d'água do que outras mais delgadas e fragmentadas. Da mesma forma que nas tecas mais delgadas, estruturas mais frágeis, como os espinhos, são mais suscetíveis à dissolução. Constataram ainda, que os foraminíferos bentônicos são mais resistentes à dissolução abaixo da CCD (*Carbonate Compensation Depth*) porque possuem paredes mais espessas e menos porosas, apesar de ser minoria nas associações de foraminíferos (< 1% de espécies).

3) Fatores Paleoecológicos - Destaca-se aqui o *Efeito Lazaro*, que basicamente representa o resultado de uma mudança paleoambiental brusca, provocando desaparecimentos locais de uma ou mais espécies, seguidos de novas colonizações. Como consequência deste efeito, tem-se o desaparecimento temporário de uma ou mais espécies em uma área geográfica e o seu reaparecimento em um intervalo de tempo posterior, gerando distribuições bioestratigráficas descontínuas.

Tendo em mente os aspectos limitantes ao emprego dos foraminíferos em bioestratigrafia, serão feitas algumas considerações sobre os biozoneamentos para o Cretáceo no Brasil.

4.2.2. BIOZONEAMENTOS PARA O CRETÁCEO BRASILEIRO

O conhecimento bioestratigráfico do Mesozóico das bacias sedimentares brasileiras está associado ao entendimento da evolução geológica da margem continental o qual, por sua vez, está intimamente ligado aos avanços da exploração petrolífera no país nos últimos 50 anos (LANA & BEURLEN, 2007).

Na década de 1950 a exploração petrolífera nas bacias brasileiras ganhou forte impulso com as descobertas pioneiras em bacias terrestres (Recôncavo, Tucano, Sergipe-Alagoas e Espírito Santo), nas quais foram reconhecidos os primeiros grupos de microfósseis importantes sob o ponto de vista bioestratigráfico: os ostracodes e os palinomorfos (LANA & BEURLEN, 2007). A partir do final de 1950 até meados de 1960 desenvolveram-se importantes trabalhos sobre as diversificadas e abundantes faunas de ostracodes não-marinhos das seções *rifts* brasileiras. Nesta mesma época, análises quantitativas de palinomorfos permitiram correlações geológicas regionais para as bacias do Recôncavo e Parnaíba (PICARELLI *ET AL.*, 1993).

Na década de 1960 nacionalizou-se a exploração brasileira, tendo início as investigações nas porções submersas das bacias costeiras, em águas rasas das bacias de Barreirinhas a Pelotas (MENDONÇA *ET AL.*, 2004). Aqui também tiveram início os estudos sobre nanofósseis calcários enquanto os foraminíferos já eram utilizados para as bacias de Sergipe-Alagoas. A intensa perfuração de poços em águas rasas da plataforma continental brasileira, no final de 1960 e ao longo da década de 1970, resultou no estabelecimento de arcabouços biocronoestratigráficos completos das bacias marginais brasileiras, de Campos a Barreirinhas (LANA & BEURLEN, 2007).

Os principais arcabouços biocronoestratigráficos brasileiros, do Jurássico Superior/Cretáceo inferior ao Terciário, foram formalizados no final da década de 1980 (BEURLEN & REGALI, 1987) e no início da década de 1990, organizados por bacias em um relatório interno da Petrobrás (BEURLEN *ET AL.*, 1992), o qual serviu de base para a publicação das cartas estratigráficas das bacias brasileiras no Boletim de Geociências da Petrobrás, em 2007.

Nesta década, o avanço dos conhecimentos para águas ultraprofundas (permitido pela altíssima resolução sísmica 3D), em conjunto com a necessidade de

desenvolvimento de reservatórios subsísmicos, foi acompanhado por estudos biocronoestratigráficos de alta resolução. Estes estudos utilizaram detalhadas informações paleobatimétricas e os nanofósseis calcários e embasaram refinados modelos estratigráficos (ANTUNES, 1996; OLIVEIRA *ET AL.*, 1999).

4.2.2.1. BACIA DE BARREIRINHAS

Para realizar o zoneamento bioestratigráfico dos poços da Bacia de Barreirinhas foram utilizados foraminíferos planctônicos e bentônicos de curta distribuição temporal, excluindo-se as espécies que estavam presentes ao longo de toda a seção. Para denominar as zonas foram escolhidos aqueles foraminíferos presentes na maioria dos poços e com maior abundância nas amostras.

Assim, foram propostas quatro zonas de foraminíferos planctônicos e três zonas de foraminíferos bentônicos, todas de caráter local, para o Cretáceo da Bacia de Barreirinhas. Maiores informações acerca dos biozoneamentos propostos para esta bacia estão no artigo intitulado "*Bioestratigrafia de Foraminíferos da Bacia de Barreirinhas, Cretáceo do Brasil*", que faz parte do capítulo 6 desta tese.

4.3. PALEOECOLOGIA

Dentre os microfósseis, os foraminíferos têm importância fundamental para estudos paleoecológicos e paleoceanográficos, uma vez que são predominantemente marinhos e sensíveis a fatores ambientais abióticos (físicos e químicos) e bióticos que, por sua vez, controlam sua distribuição biogeográfica e batimétrica. Entre os fatores abióticos físicos estão temperatura da água, turbidez, pressão, luminosidade e concentração de oxigênio. Já entre os fatores abióticos químicos pode-se citar a salinidade, conteúdo de CO₂ e disponibilidade de

carbonato de cálcio para a biomineralização, como fatores mais importantes. A profundidade de compensação de carbonato de cálcio (*Carbonate Compensation Depth - CCD*) é a profundidade na qual a taxa de acumulação de carbonato se iguala à sua dissolução (VILELA, 2004). Os fatores Bióticos ou biológicos são as relações intra e interespecíficas como competição e simbiose, mobilidade, taxas de reprodução entre outros (MOLINA, 2004).

Portanto, a identificação e caracterização destes parâmetros controladores da distribuição dos foraminíferos auxiliam nos estudos paleoecológicos sobre o grupo e na reconstrução dos paleoambientes por eles ocupados. Acerca deste tema, o estudo de foraminíferos durante o Cretáceo fornece importantes informações, uma vez que neste período os foraminíferos planctônicos foram bastante abundantes e experimentaram grandes variações no número de gêneros, de acordo com as condições ambientais favoráveis a época (MACLEOD, 1993). Da mesma forma, em função da sua distribuição estar diretamente associada ao tipo de ambiente deposicional e respectivas cotas batimétricas, é possível utilizá-los para análise de grandes ciclos transgressivo-regressivos, (MARTINEZ, 1989; KOUTSOUKOS & HART, 1990; ANTUNES & MELO, 2001). O exemplo disto está nos modelos de distribuição de foraminíferos planctônicos para o Cretáceo, que podem ser utilizados em reconstruções paleobiogeográficas, refletindo variações de gradientes (como a temperatura) em mares epicontinentais (DOUGLAS, 1972). A Bacia de Barreirinhas é, nesse contexto, de particular interesse, visto que a sua formação está diretamente ligada à abertura do Atlântico Equatorial durante o Cretáceo inferior (MOHRIAK, 2003).

Nesta tese, com base nas análises dos padrões de diversidade das espécies de foraminíferos, nas relações entre planctônicos e bentônicos e entre diferentes tipos de testas, os poços estudados foram subdivididos em: **Distais** (1-MAS-1 e 1-MAS-14) e **Proximais** (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15), de acordo com seu posicionamento em relação ao continente.

Os **Poços Distais** possuem uma assembléia de foraminíferos planctônicos composta por formas globosas durante o Albiano superior / Cenomaniano inferior. Durante o Cenomaniano médio-superior, esta assembléia passa a ser composta exclusivamente por foraminíferos bentônicos aglutinantes de sílica (*Reophax globosus*), indicando deposição abaixo da linha de CCD. Os **Poços Proximais** possuem uma maior influência continental, uma vez que foram identificadas espécies pertencentes à família Miliolidae, diagnóstica de contextos ambientais proximais. Nestes poços, durante o andar Albiano superior as

assembléias de foraminíferos planctônicos e bentônicos são abundantes e diversificadas, sugerindo o estabelecimento de condições favoráveis ao seu desenvolvimento, como por exemplo, um maior aporte de nutrientes neste andar. Apesar de durante o Cenomaniano ocorrer predominantemente espécies mais proximais, pertencentes à família Miliolidae, durante o Campaniano superior a associação faunística de foraminíferos demonstra um predomínio da fauna planctônica em relação à bentônica. Porém ainda se observam espécies pertencentes à família Miliolidae neste tempo.

Maiores considerações acerca da paleoecologia com base em foraminíferos para a bacia estudada podem ser obtidas no artigo intitulado "*Foraminíferos como Indicadores Paleoecológicos no Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, Brasil*", que faz parte do capítulo 6 desta tese.

4.4. OEA'S

Durante o Período Cretáceo as altas concentrações de CO₂ na atmosfera induziram um aquecimento global que foi intenso e acompanhado de um aumento no nível do mar e subsequente aceleração do ciclo hidrológico (VENTURATI, 2006). Segundo Friedrich (2009) a ocorrência de eventos de deposição em massa de matéria orgânica em ambiente marinho e a consequente formação de grandes horizontes de folhelho negro foram favorecidas pelas condições paleoclimáticas e paleogeográficas durante este tempo de aquecimento global do Cretáceo. Estes eventos são chamados de OEA - Evento Anóxico Oceânico (*Oceanic Anoxic Event*) e são caracterizados pela ocorrência de diferentes associações de foraminíferos bentônicos.

O conceito de Evento Anóxico Oceânico foi proposto pela primeira vez em 1976 por Schlanger e Jenkyns, surgindo a partir de descobertas feitas pelo *Deep Sea Drilling Project* (DSDP) no Oceano Pacífico. Estes eventos podem ocorrer quando os oceanos da Terra se tornam completamente pobres em oxigênio (O₂), abaixo do nível da superfície, normalmente durante períodos de clima muito quente, caracterizados por altos níveis de

dióxido de carbono (CO₂) e temperatura média de superfície provavelmente superior a 25°C (DOUGLAS, 1983).

O registro geológico mostra que esse fenômeno aconteceu muitas vezes no passado e que pode ter sido responsável por extinções em massa de organismos marinhos tanto no Paleozóico como no Mesozóico. São reconhecidos principalmente nos períodos Jurássico e Cretáceo, podendo durar até meio milhão de anos antes que ocorra uma recuperação completa das condições oceânicas, estando fortemente associados ao aquecimento global (efeito estufa) e às circulações oceânicas (DOUGLAS, 1983).

Diversas hipóteses sugerem origens episódicas para os Eventos Anóxicos Oceânicos, incluindo ambientes paleogeograficamente restritos. Nos oceanos com circulação estagnada, estão relacionados ao aumento do escoamento superficial continental com estratificação salina, a condições locais de ressurgência, à alta produtividade de fitoplâncton, atividade vulcânica intensa e difundida em águas profundas e, ainda, ao desenvolvimento de uma camada intermediária de água com mínimo de oxigenação (KOUTSOUKOS *ET AL.*, 1991).

Outras teorias relatam que os Eventos Anóxicos Oceânicos, e a conseqüente formação de rochas geradoras de hidrocarbonetos, estão associados à gênese de platôs oceânicos desenvolvidos a partir de erupções de lavas. As formações dos platôs oceânicos de idade cretácea ocorreram particularmente no limite Cenomaniano-Turoniano e durante o Albiano (CONDIE, 2001).

De acordo com Condie (2001) os eventos de geração de folhelhos negros podem ser relacionados à instalação de plumas mantélicas derivadas de grandes províncias ígneas e paleoclimas quentes (LARSON, 1991; NADIN *ET AL.*, 1997). Essa elevação sob a crosta oceânica, combinada com o deslocamento de lava devido à erupção sob o assoalho oceânico, resulta num significativo aumento do nível do mar (KERR, 2005).

4.4.1. PRINCIPAIS EVENTOS ANÓXICOS

Segundo Friedrich (2009) a formação de grandes horizontes de folhelho negro foram favorecidas pelas condições paleoclimáticas e paleogeográficas durante o aquecimento global do Cretáceo. Nesse período, tem-se registro desses eventos durante o limite Aptiano-Albiano, Cenomaniano-Turoniano e Coniaciano-Santoniano (esse último de menor importância) (Fig. 11).

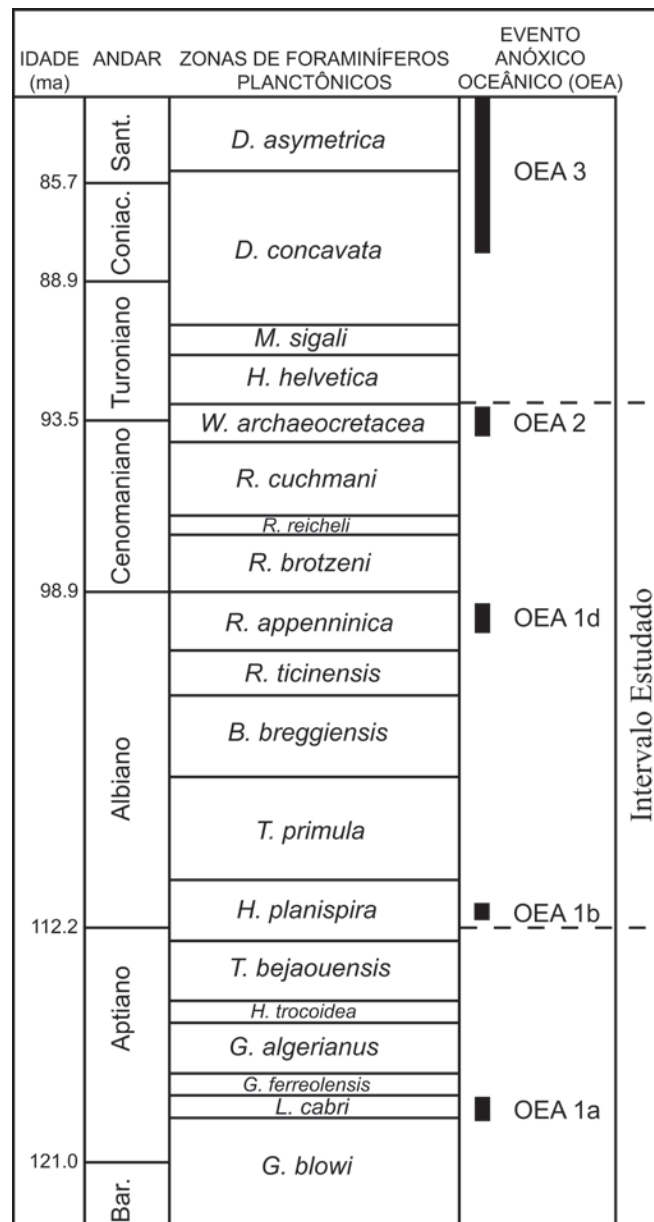


FIGURA 11. Principais Eventos Anóxicos Globais registrados durante o Período Cretáceo (modificado de FRIEDRICH, 2009).

Para Friedrich (2009) todos os OEA's ocorridos durante o Cretáceo possuem foraminíferos bentônicos distintos associados (Fig. 11) e podem ser caracterizados da seguinte forma:

OEA 1a (Aptiano inferior) - Normalmente não são registrados foraminíferos bentônicos.

OEA 1b (Albiano inferior) - é principalmente descrito para o Mar de Tétis e o Proto Oceano Atlântico Norte. Em oceano aberto, o número total de foraminíferos bentônicos diminui drasticamente, mas representantes do grupo nunca desaparecem completamente. Este declínio é interpretado como evidência de um ambiente disóxico no Proto Atlântico Norte oriental. Os foraminíferos bentônicos associados a este OEA são: *Gavelinella* spp., *Osangularia* spp. e *Laevidentalina* spp.

OEA 1d (Albiano superior) - tem ocorrência global, mas é principalmente estudado para o Atlântico Norte e Mar de Tétis. Neste evento, os foraminíferos bentônicos são raros. No Atlântico Norte Oriental as assembléias de foraminíferos bentônicos não demonstram nenhuma modificação significativa. Os foraminíferos bentônicos associados a este OEA são: *Gyroidinoides* spp., Lenticulinídeos e espécies aglutinantes.

OEA 2 (Cenomaniano - Turoniano) - é o mais estudado. A sedimentação precedente ao OEA é caracterizada por um decréscimo acentuado na diversidade dos foraminíferos bentônicos e freqüente ausência destes durante o evento propriamente dito, refletindo uma diminuição na oxigenação da coluna d'água. Os foraminíferos bentônicos associados a este OEA são: *Gavelinella dakotensis*, *Neobulimina albertensis*, *Gabonita* spp., *Tappamina laciniosa*, *Bolivina anambra*, Bolivinídeos, Buliminídeos, Gavelinellídeos e espécies aglutinantes de água profunda.

Nas bacias brasileiras, a fauna de foraminíferos bentônicos muda de uma assembléia de baixa diversidade, dominada por Gavellinelídeos, Buliminídeos, Lenticulinídeos e poucas espécies aglutinantes (Cenomaniano superior) para assembléias dominadas por *Gabonita* e *Lingulogavelinella* (Turoniano inferior), a exemplo do que acontece com as faunas que ocorrem no Atlântico Norte e África (FRIEDRICH, 2009).

OEA 3 (Coniaciano - Santoniano) - os estudos existentes são restritos ao Oceano Atlântico. Este evento é representado por uma sedimentação de folhelho negro assíncrona, sendo registrado somente nas bacias marginais. Os foraminíferos bentônicos

associados a este OEA são: Buliminídeos, Praebuliminídeos, Bolivínídeos, *Gyroidinoides lenticulus*, *G. umbilicus* e *Globorotalites conicus*.

4.4.2. ADAPTAÇÕES MORFOLÓGICAS

Com relação às adaptações morfológicas nas tecas dos foraminíferos relacionadas a esses eventos anóxicos, algumas considerações são importantes. El-Nakhal (2002) refere que a ornamentação de costelas, alinhadas meridionalmente nos *Globigerinoides* (de ocorrência restrita ao Cretáceo), é uma resposta a mudança nos fatores ambientais.

Coccioni *et al.* (2006) afirmam que o alongamento das câmaras dos foraminíferos plantônicos do Cretáceo inferior vem sendo interpretado como resposta adaptativa a depletação de oxigênio na parte superior da coluna d'água. Neste caso, a abundância relativa de foraminíferos plantônicos com câmaras alongadas pode ser proporcional ao *stress* do ambiente, relacionado aos OEA's. Estes autores comentam ainda, que a oxigenação da água e as condições eutróficas são fatores significativos no controle do desenvolvimento das câmaras alongadas dos foraminíferos planctônicos durante o Cretáceo inferior. Incluem, também, que a interação de fatores físico-químicos e ecológicos intensos como temperatura, salinidade, sazonalidade dos nutrientes, produtividade e tipo de alimento disponível podem contribuir no desenvolvimento dessas câmaras alongadas.

Pardo & Keller (2008) concordam que o gênero *Heterohelix* tolera baixas quantidades de oxigênio e que um aumento na abundância deste gênero indicaria uma expansão da zona de mínimo oxigênio, normalmente associada a um aumento na produtividade orgânica. Segundo estes autores, os Heterohelicídeos tiveram grande desenvolvimento durante o OEA 2 (transição entre o Cenomaniano - Turoniano), quando a maioria das espécies de foraminíferos planctônicos não sobreviveu. Isto porque existe a predominância de *Heterohelix* nas associações encontradas neste tempo, tornando este gênero um importante marcador global do OEA 2.

Observa-se na Bacia de Barreirinhas uma significativa mudança na fauna de foraminíferos à medida que o nível do mar sobe, durante o Cretáceo inferior. É provável que

durante este período de elevação do nível do mar as camadas mais superficiais, antes beneficiadas pelo aporte de nutrientes, luz e oxigênio, tornaram-se anóxicas e impróprias para a manutenção da vida. Neste caso, o grande acúmulo de organismos carbonáticos, como os foraminíferos encontrados nos poços estudados (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15) pode estar relacionada a esse período de elevado *stress* ambiental.

Maiores detalhes a respeito dos Eventos Anóxicos reconhecidos na bacia estudada podem ser obtidas no artigo intitulado "*Evidências de Eventos Anóxicos Oceânicos (Oea's) na Bacia de Barreirinhas durante o Cretáceo Inferior*", que faz parte do capítulo 6 desta tese.

CAPITULO 5 - REFERÊNCIAS

ANP. Agência Nacional do Petróleo. Mapa de Localização da Bacia de Barreirinhas. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>>. Último acesso em 11 de janeiro de 2011.

ANTUNES, L. R.; MELO, G. H. J. 2001. Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências. In: RIBEIRO, H. J. P. S. (Ed). **Estratigrafia de Seqüências: Fundamentos e Aplicações**. São Leopoldo: Editora Unisinos. p. 137-218.

ANTUNES, R. L. 1996. Biozonas de nanofósseis do Cretáceo da margem continental brasileira: problemas e possíveis soluções. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 10, p. 19-42.

BEURLLEN, G.; REGALI, M. S. P. 1987. O Cretáceo da Plataforma Continental do Maranhão e Pará, Brasil; Bioestratigrafia e Evolução Paleoambiental. **Boletim Técnico da Petrobrás**, v. 1, n. 2, p. 135-155.

BEURLLEN, G.; RICHTER, A. J.; CUNHA, A. A. S.; SILVA-TELLES, Jr. A.; MARTINIS, E.; PEDRÃO, E., MOURA, J. A.; GOMIDE, J.; VIVIERS, M. C.; ARAI, M.; UESUGUI, N.; NASCIMENTO, N. L.; AZEVEDO, R. L.; DINO, R.; ANTUNES, R. L.; SHIMABUKURO, S.; ABREU, W. S. 1992. Bioestratigrafia das bacias mesozóicas-cenozóicas brasileiras: texto explicativo das cartas bioestratigráficas. PETROBRÁS/CENPES/DIVEX/SEBIPE, **Relatório interno**, 616p.

BOLLI, H. M.; BECKMANN, J-P; SAUNDERS, J. B. 1994. **Benthic Foraminiferal Biostratigraphy of the South Caribbean Region**. New York: Cambridge University Press. 408p.

COCCIONI, R.; LUCIANI, V.; MARSILI, A. 2006. Cretaceous Oceanic Anoxic Events and Radially Elongated Chambered Planktonic Foraminifera: Paleocological and Paleoenvironmental Implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 235, n. 1-3, p. 66-92.

CONDIE, K. C. 2001. Continental growth during formation of Rodinia at 1.35-0.9 Ga. **Gondwana Research**, v. 4, n. 1, p. 5-16.

DOUGLAS, R. G. 1972. Palaeozoogeography of Late Cretaceous Planktonic Foraminifera in North America. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 2, p. 14-34.

DOUGLAS, W. W. 1983. Reappraisal of anoxia and organic richness, with emphasis on Cretaceous of North Atlantic. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 67, n. 6, p. 963-978.

EL-NAKHAL, H. A. 2002. Classification of the Meridionally Costellate Cretaceous Planktonic Foraminifera. **Journal of Micropaleontology**, v. 21, n. 1, p. 1-8.

FEIJÓ, F. I. 1994. Bacia de Barreirinhas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, n. 8, v. 1, p. 103-109.

FRIEDRICH, O. 2009. Benthic Foraminifera and their Role to Decipher Paleoenvironment During Mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Events - The "Anoxic Benthic Foraminifera" Paradox. **Revue de Micropaléontologie**, v. 53, n. 3, p. 175-192.

JENKINS, D. G.; MURRAY, J. W. 1989. **Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera**. British Micropalaeontological Society Series. 593 p.

KERR, A. C. 2005. Oceanic LIPs: The Kiss of Death. **Elements**, v. 1, n. 5, p. 289-292.

KOUTSOUKOS, E. A. M., MELLO, M. R., AZAMBUJA FILHO, N. C., HART, M. B.; MAXWELL, J. R. 1991. The upper Aptian-Albian succession of the Sergipe Basin, Brazil: palaeo-environmental assessment. **American Association of Petroleum Geologists**, v. 75, n. 3, p. 479-498.

- LANA, C. C.; BEURLEN, G. 2007. Microbioestratigrafia do Mesozóico-Cenozóico Brasileiro: Um Passeio pelo Tempo. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 30, n. 1, p. 207-209.
- LARSEN, G.; CHILINGAR, G. V. 1983. **Diagenesis in Sediments and Sedimentary Rocks**. Amsterdam: Elsevier, 572 p.
- LARSON, R. L. 1991. Latest pulse of Earth: evidence for a mid-Cretaceous superplume. **Geology**, v. 19, n. 6, p. 547-550.
- LEIPNITZ, I. I.; AGUIAR, E. S. 2002. Foraminíferos Recentes e Fósseis. In: DUTRA, T. L. (Ed) **Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 56 p.
- LOEBLICH, A. R., Jr.; TAPPAN, H. 1988. **Foraminiferal Genera and Their Classification**. Van Nostrand Reinhold, New York. v. 2. 1758p.
- MACLEOD, N. 1993. The Maastrichtian-Danian Radiation of Triserial and Biserial Planktic Foraminífera: Testing Phylogenic and Adaptational Hypoteses in the (Micro) Fóssil Record. **Marine Micropaleontology**, v. 21, p. 47-100.
- MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. 1999. **Five Kingdom: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth**. W. H. Freeman and Company: New York, 520 p.
- MARTINEZ, J. I. 1989. Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironments of the Maastrichtian Colon mudstones of Northern South America. **Micropaleontology**, v. 35, n. 2, p. 97-113.
- MENDONÇA, P. M. M.; SPADINI, R. A.; MILANI, E. J. 2004. Exploração na Petrobras: 50 anos de sucesso. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 12, n. 1, p. 9-58.

MOHRIAK, W. U. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Eds.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM. p. 87-94.

MOLINA, E. 2004. **Micropaleontologia**. Prensas Universitarias de Zaragoza, 704p.

NADIN, P. A.; KUSZNIR, N. J.; CHEADLE, M. J. 1997. Early Tertiary plume uplift of the North Sea and Faeroe-Shetland basins. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 148, n. 1-2, p. 109-127.

OLIVEIRA, L. C. V.; ANTUNES, R. L.; SHIMABUKURO, S.; MARTINS, G. A. R.; MAGALHÃES, P. M.; ARAI, M.; RODRIGUES, R.; STROHSCHOEN Jr., O. 1999. Refinamento bioestratigráfico e estratigrafia química do Maastrichtiano da Bacia de Campos. PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE, **Relatório interno**, 48p.

PARDO, A.; KELLER, G. 2008. Biotic effects of environmental catastrophes at the end of the Cretaceous and early Tertiary: *Guembeltria* and *Heterohelix* blooms. **Cretaceous Research**, v. 29, n. 5-6, p. 1058-1073.

PICARELLI, A. T.; LANA, C. C.; GUZZO, J.; MILHOMEM, P. 1993. Correlação e refinamento bioestratigráfico da seqüência rifte das Bacias do Recôncavo, Tucano e Potiguar. PETROBRAS/DEBAR/DEXBA, **Relatório interno**, 175p.

REGALI, M. S. P.; UESUGUI, N.; LIMA, E. E. C. 1985. Palinoestratigrafia e Paleoambiente da Bacia de Barreirinhas, Maranhão - Brasil. **Coletânea de trabalhos Paleontológicos**, DNPM, Rio de Janeiro, p. 461-470.

TROSDTORF JUNIOR, I.; ZALÁN, P. V.; FIGUEIREDO, J. J. P.; SOARES, E. F. 2007. Bacia de Barreirinhas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 331-339.

VENTURATI, A. 2006. Twin and Bilobated Chambered Cretaceous Planktonic Foraminifera: Abnormal Forms Induced by High Paleoenvironmental Stress?. **Geosciences**, p. 25-29.

VILELA, C. G. 2004. Foraminíferos. In: CARVALHO, I. S. (Ed.). **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência. p. 269-296.

WEBSTER, U. M. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM. P. 87-165.

ZERFASS, G. S. A.; ANDRADE, E. J. 2008. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. **Terrae Didatica**, v. 3, n. 1, p. 18-35.

CAPITULO 6 - ARTIGOS

Artigo 1 – SILVA, C. P.; LEMOS, V. B.; SOUZA, V.; NASCIMENTO, S. *Bioestratigrafia de Foraminíferos da Bacia de Barreirinhas, Cretáceo do Brasil*. Submetido à Revista Brasileira de Geociências.

Artigo 2 – SILVA, C. P.; LEMOS, V. B.; SOUZA, V.; MOUTINHO, L. P.; NASCIMENTO, S. *Foraminíferos como indicadores paleoecológicos no Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, Brasil*. Submetido à Revista Gaea - Unisinos.

Artigo 3 – SILVA, C. P.; LEMOS, V. B.; SOUZA, V.; NASCIMENTO, S. *Evidências de Eventos Anóxicos Oceânicos (Oea's) na Bacia de Barreirinhas durante o Cretáceo Inferior*. Submetido à Revista Pesquisas em Geociências.



REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA

Porto Alegre, 19 de janeiro de 2011

Ilma. Paleontóloga
Cristiane Pakulski da Silva
PPG-Geo/UFRGS
Porto Alegre, RS

Prezada Autora

Informamos que 18 de janeiro de 2011 recebemos o manuscrito intitulado BIOESTRATIGRAFIA DE FORAMINÍFEROS DA BACIA DE BARREIRINHAS, CRETÁCEO DO BRASIL, de sua autoria e colaboradores. O MS está em processo de avaliação.

Cordialmente,

Dr. João Carlos Coimbra
Editor RBP

CORPO EDITORIAL - RBP

Dra. Ana Maria Ribeiro
FZB-RS, Av. Dr. Salvador França, 1427
90690-000, Porto Alegre, RS, Brasil
ana.ribeiro@fzb.rs.gov.br

Dr. João Carlos Coimbra
UFRGS/IG, Av. Bento Gonçalves, 9500
91501-970, Porto Alegre RS, Brasil
joao.coimbra@ufrgs.br

Dra. Renata Guimarães Netto,
UNISINOS, Av. Unisinos, 950
93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil
nettorg@unisinos.br

BIOESTRATIGRAFIA DE FORAMINÍFEROS DA BACIA DE BARREIRINHAS, CRETÁCEO DO BRASIL

CRISTIANE PAKULSKI DA SILVA

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, 91509-970, Porto Alegre, RS. cristianepakulski@yahoo.com.br

VALESCA BRASIL LEMOS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Av. Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, 91509-970, Porto Alegre, RS. valesca.lemos@ufrgs.br

VLADIMIR DE SOUZA

Universidade Federal de Roraima, Centro de Ciências Sociais e Geociências, Departamento de Geociências, Br 174 s/n, Jardim Floresta, CEP 69310-270, Boa Vista, RR

SARA NASCIMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, 91509-970, Porto Alegre, RS. aiatha@yahoo.com.br

RESUMO - Neste estudo são discutidos dados bioestratigráficos, obtidos através da identificação de foraminíferos planctônicos e bentônicos recuperados de cinco poços (1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15), provenientes da Bacia de Barreirinhas. A fauna de foraminíferos encontrada é, de modo geral, abundante e diversificada. Após a comparação com informações taxonômicas de estudos anteriores para o Cretáceo, são propostas quatro zonas de foraminíferos planctônicos *Ticinella primula* Lauterbacher (1963), *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934), *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936) e três zonas de foraminíferos bentônicos *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960), *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952) e *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880), todas de caráter local para o Cretáceo da Bacia de Barreirinhas.

Palavras chave: Foraminíferos, Cretáceo, Bioestratigrafia;

ABSTRACT - FORAMINIFERAL BIOSTRATIGRAPHY FROM BARREIRINHAS BASIN, CRETACEOUS OF BRAZIL - In this study are discussed biostratigraphic data

obtained through the identification of planktonic and benthic foraminifera recovered from five wells (1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 and 1-MAS-15), from Barreirinhas Basin. The foraminiferal fauna found is generally abundant and diversified. After comparison with taxonomic information found in previous studies for the Cretaceous are proposed four zones of planktonic foraminifera *Ticinella primula* Lauterbacher (1963), *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934), *Rotalipora appeninica* Renz (1936) and *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936) and three zones of benthic foraminifera *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960), *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952) and *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880), all them of local character for the Cretaceous of the Barreirinhas Basin.

Keywords: Foraminifera, Cretaceous, Biostratigraphy;

INTRODUÇÃO

O arcabouço bioestratigráfico do Cretáceo é bastante detalhado, principalmente quando comparado com o restante do Mesozóico e segundo Bolli *et al.* (1994) o reconhecimento do valor bioestratigráfico dos foraminíferos teve início apenas no final do século XIX, com a demanda da indústria do petróleo, havendo a necessidade de datação das seções de poços para posterior comparação com os estratos aflorantes.

A utilização de foraminíferos plantônicos para a correlação de estratos teve início com J. Grzybowski, através do estudo de poços perfurados no intuito de localizar petróleo na Áustria, em meados de 1898 (Zerfass & Andrade, 2008).

Os foraminíferos bentônicos foram usados com propósitos estratigráficos já na primeira metade do século 20, uma vez que o conhecimento acerca da taxonomia e das linhagens evolutivas dos foraminíferos planctônicos ainda não estava bem fundamentado. Estudos correlacionando a distribuição das espécies bentônicas com os zoneamentos de plantônicos vem aumentando nas duas últimas décadas (Bolli *et al.*, 1994).

O conhecimento bioestratigráfico do Mesozóico das bacias sedimentares brasileiras está associado com o entendimento da evolução geológica da margem continental, o qual por sua vez, está intimamente ligado aos avanços da exploração petrolífera no país, nos últimos 50 anos (Lana & Beurlen, 2007).

O objetivo deste estudo é propor um biozoneamento para o Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, para tanto utilizou-se foraminíferos bentônicos e planctônicos recuperados de cinco poços (1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15). As zonas aqui estabelecidas são baseadas na última ocorrência do táxon guia (*LAD - Last Apperance Datum*) e não na primeira ocorrência do fóssil (*FAD - First Apperance Datum*), uma vez que as amostras são de calha e podem estar contaminadas pela recirculação de sedimentos de material desabado das paredes do poço (Murphy & Salvador, 1999).

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A Bacia de Barreirinhas ocupa a porção costeira e de plataforma continental do Estado do Maranhão, localizada na costa equatorial brasileira, entre os meridianos 44° W e 42° W e paralelos 0°S e 3°S, englobando uma área de 46.000 km², de acordo com Trosdtorf Junior *et al.* (2007), predominantemente *offshore*. Os poços estudados (Fig. 1) situam-se próximos a cota batimétrica de 50m com registro geológico inserido nos grupos Caju (Albiano - Cenomaniano) e Humberto de Campos (Turoniano - Maastrichtiano). Cinco poços: 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 foram utilizados no presente estudo.

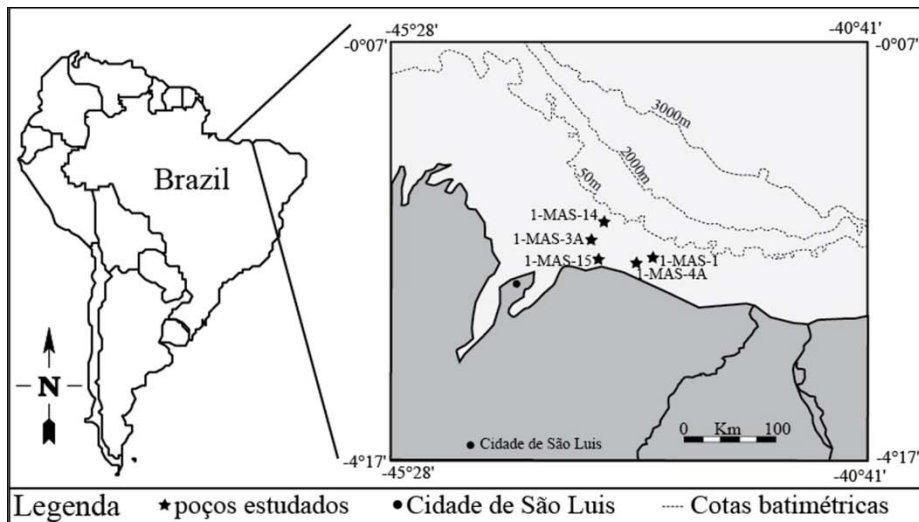


FIGURA 1. Mapa de localização da Bacia Barreirinhas e dos poços estudados (modificado de <http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>).

FIGURE 1. Location map of Barreirinhas Basin and studied wells (modify from <http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>).

MATERIAS E MÉTODOS

As amostras utilizadas no presente estudo foram encaminhadas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) para o Dr. Vladimir de Souza e posteriormente cedidas para a análise de microfósseis carbonáticos. Neste estudo utilizou-se a metodologia de Leipnitz & Aguiar (2002) para a preparação dos foraminíferos. Em cada horizonte amostrado foi recolhido em torno de 100g de material sedimentar, das quais foram separadas 20g para serem analisadas e o restante foi armazenado.

As etapas de trabalho que se seguiram foram: processamento mecânico das amostras englobando trituração, pesagem, lavagem, triagem, seleção e confecção de lâminas associativas. No processamento químico foi utilizada água oxigenada (H₂O₂, 30v, 10%) para desagregação do material friável e se necessário, uso de almofariz e pilão para amostras mais litificadas. Posteriormente, o material processado foi peneirado nas malhas de 0,044mm, 0,063mm e 0,250mm, e analisado em lupa binocular. Foram examinadas todas as frações, com recuperação da microfauna total de foraminíferos.

Foram preparadas e analisadas 127 amostras de calha, provenientes de cinco poços 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 (Tab. 1).

TABELA 1. Poços analisados, números de amostras coletadas por poço e intervalo de amostragem.

TABLE 1. Analyzed Wells, numbers of samples for wells and sampling interval.

Poço	Número de Amostras	Intervalo de Amostragem
1-MAS-1	33	18m
1-MAS-3A	20	15m
1-MAS-4A	21	15m
1-MAS-14	41	18m
1-MAS-15	12	15m

A fim de identificar os foraminíferos e conduzir os estudos taxonômicos, foram feitas 1.100 fotomicrografias, das quais 800 são de tecas de foraminíferos planctônicos e 300 de tecas de bentônicos. As fotomicrografias foram obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), executadas em diferentes escalas, de acordo com as dimensões do material analisado, tornando possível definir características morfológicas importantes para a classificação deste material.

Para identificar e classificar os foraminíferos por gêneros, espécies e famílias correspondentes foram utilizados os trabalhos de sistemática propostos por Loeblich & Tappan (1988) e Jenkins & Murray (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos cinco poços estudados foram identificadas 107 espécies de foraminíferos, sendo a fauna de foraminíferos planctônicos representada por 40 espécies e 16 gêneros. Os

foraminíferos bentônicos correspondem a 67 espécies e 50 gêneros. De todas as espécies classificadas apenas 26 planctônicas e 10 bentônicas foram utilizadas na bioestratigrafia, sendo selecionadas espécies com curta distribuição temporal, presentes na maioria dos poços e com maior abundância nas amostras.

Os foraminíferos planctônicos mais abundantes são *Heterohelix globulosa* Ehenberg (1840), *Heterohelix moremani* Cushman (1938) e *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934). O foraminífero bentônico mais abundante é *Gyroidina bandyi* Trujillo (1960).

Os foraminíferos bentônicos embora menos utilizados em bioestratigrafia por sua maior dependência ambiental podem auxiliar na marcação de biozonas e serem empregados em correlações bioestratigráficas, especialmente nas de caráter local, como algumas das descritas a seguir (Bolli *et al.*, 1994).

Para o zoneamento bioestratigráfico dos poços da Bacia de Barreirinhas foram utilizados foraminíferos planctônicos e bentônicos de mais curta distribuição temporal, e com base nestas informações foram propostas quatro zonas de planctônicos e três zonas de bentônicos, ambas de caráter local, para o Cretáceo da Bacia de Barreirinhas.

Assim, para o poço 1-MAS-1 foram propostas as zonas de última ocorrência de *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952), sendo **o primeiro um foraminífero planctônico e o segundo um bentônico** (Fig. 2). Essa zona pode ser observada na porção inferior desse poço, que é constituída principalmente por margas intercaladas com folhelhos. A fauna associada nas duas zonas apresenta também a última ocorrência do foraminífero bentônico *Loeblichella hessi* Pessagno (1962). Com base na informação obtida das espécies que dão nome a essas zonas e de sua fauna associada é sugerida uma idade eocenomaniana para a base desta seção.

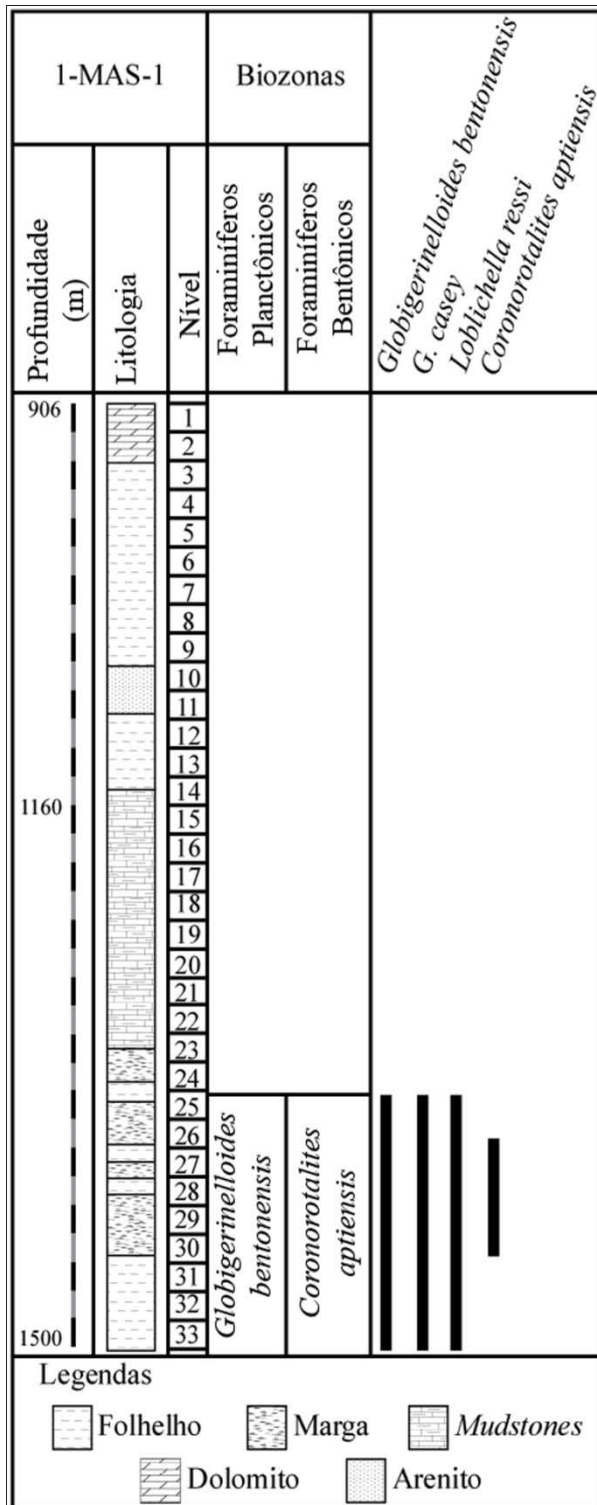


FIGURA 2. Distribuição bioestratigráfica das principais espécies de foraminíferos identificadas no poço 1-MAS-1 e níveis de coleta.

FIGURE 2. Biostratigraphic distribution of the major species of identify foraminifera in the 1-MAS-1 well and sampling levels.

Para o poço 1-MAS-3A foram propostas **três zonas de última ocorrência de foraminíferos planctônicos** *Ticinella primula* Lauterbacher (1963), *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936) (Fig. 3). A zona *Ticinella primula* Lauterbacher (1963) esta posicionada na porção basal deste poço, que é constituída predominantemente por folhelhos com uma fina intercalação de arenito, de idade neo-albiana. A fauna associada é composta por *Heterohelix globulosa* Ehenberg (1840), *Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (2009) e *Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (1961), e pelas últimas ocorrências de *Ticinella roberti* Gandolfi (1942) e *Globigerinelloides multispinus* Lalicker (1948).

A zona *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) foi definida na porção mediana da seção, que é constituída por *mudstones* intercalados com folhelhos, de idade eocenomaniana. A fauna associada é composta por *Heterohelix globulosa* Ehrenberg (1840) e últimas ocorrências de *Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (2009), *Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (1961) e *Dicarinella primitiva* Dalbiez (1955).

A zona *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936) foi definida na porção superior deste poço, que é constituída exclusivamente por folhelhos de idade eocampaniana. A fauna associada é composta por *Heterohelix globulosa* Ehenberg (1840).

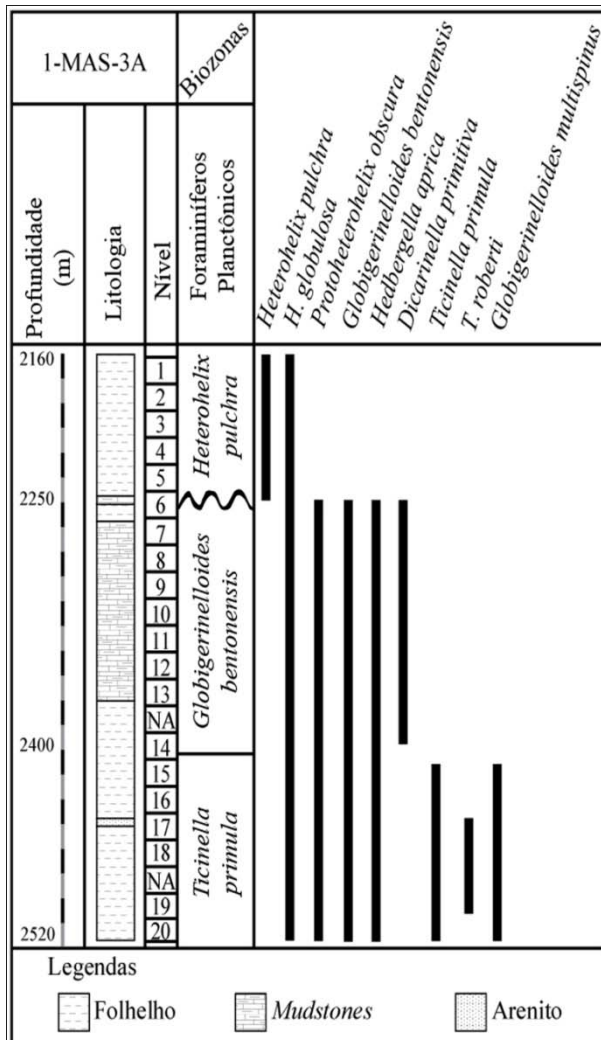


FIGURA 3. Distribuição bioestratigráfica das principais espécies de foraminíferos identificadas no poço 1-MAS-3A e níveis de coleta.

FIGURE 3. Biostratigraphic distribution of the major species of identify foraminifera in the 1-MAS-3A well and sampling levels.

Para o poço 1-MAS-4A foram definidas seis zonas de última ocorrência de foraminíferos, **três zonas de planctônicos** *Ticinella primula* Lauterbacher (1963), *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e **três zonas de bentônicos** *Lingulogavelinella albiensi* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960), *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952) e *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880) (Fig. 4).

As zonas *Ticinella primula* Lauterbacher (1963) e *Lingulogavelinella albiensi* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960) estão posicionadas na porção basal deste poço, que é constituída predominantemente por folhelhos com uma intercalação de *mudstones*, de idade neo-albiana. A fauna associada é composta por *Protoheterohelix washitensis* Tappan (1940), *Heterohelix moremani* Cushman (1938), *Hedbergella gorbachikae* Longoria (1974), *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934), *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880), *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952) e últimas ocorrências de *Globigerinelloides multispinus* Lalicker (1948), *Hedbergella albiana* BouDagher-Fadel *et al.* (1996), *H. almadensis* Cushman & Todd (1948), *H. implicata* Michael (1972), *H. pseudotrocoidea* Michael (1972), *Schakoina bicornis* Reichel (1948), *S. cenomana* Schako (1897), *S. leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (2003), *Biticinella breggiensis* Gandolfi (1942), *Ticinella roberti* Gandolfi (1942), *T. raynaudi* Sigal (1966), *Dorothia filiformis* Berthelin (1880), *Fronicularia gaultina* Reuss (1860), *Lenticulina discrepans* Reuss (1863), *L. lobata* Reuss (1845), *Planularia complanata* Reuss (1845) e *Saracenaria triangularis* d'Orbigny (1840).

As zonas *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952) foram definidas na porção mediana da seção, que é constituída por folhelhos sobrepostos por margas e *mudstones*, de idade eocenomaniana. A fauna associada é composta por *Protoheterohelix washitensis* Tappan (1940), *Heterohelix moremani* Cushman (1938), *Hedbergella gorbachikae* Longoria (1974) e *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880).

As zonas *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880) foram definidas na porção superior deste poço, que é constituída por folhelhos sobrepostos por um pacote arenítico, de idade neocampaniana. A fauna associada é composta pelas últimas ocorrências de *Protoheterohelix washitensis* Tappan (1940), *Heterohelix moremani* Cushman (1938) e *Hedbergella gorbachikae* Longoria (1974).

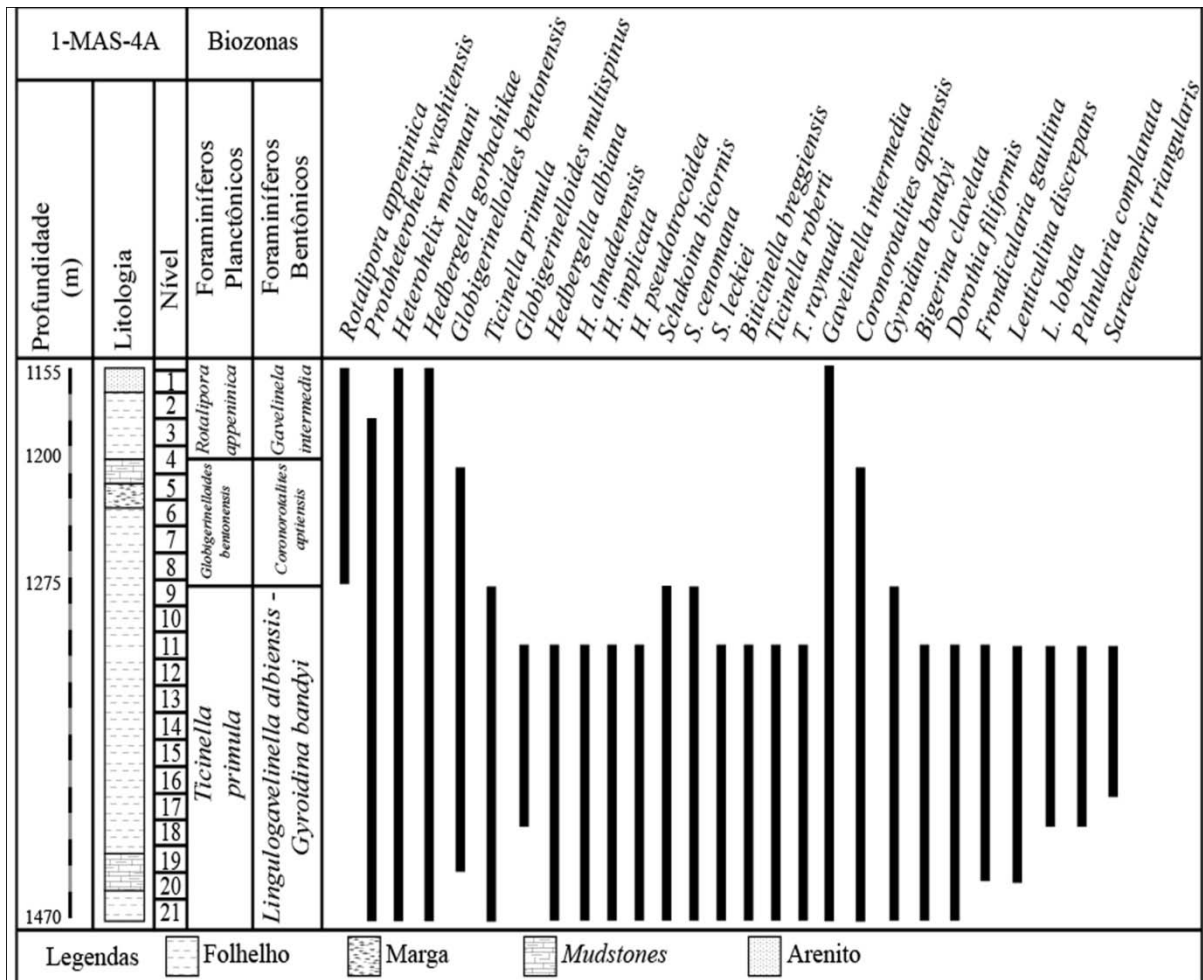


FIGURA 4. Distribuição bioestratigráfica das principais espécies de foraminíferos identificadas no poço 1-MAS-4A e níveis de coleta.

FIGURE 4. Biostratigraphic distribution of the major species of identify foraminifera in the 1-MAS-4A well and sampling levels.

Para o poço 1-MAS-14 foram determinadas as zonas de última ocorrência de *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Coronotalites aptensis* Bettenstaedt (1952), sendo o **primeiro um foraminífero planctônico e o segundo bentônico** (Fig. 5). Essa zona pode ser observada na porção inferior dessa seção, a qual é constituída principalmente por folhelhos intercalados com margas. A fauna associada apresenta também a última ocorrência de *Globigerinelloides casey* Bolli, Loeblich & Tappan (1957), *G. pulchellus* Todd & Low (1964) e *Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (1961). Com base na informação obtida das

Para o poço 1-MAS-15 foram determinadas três zonas de última ocorrência de foraminíferos, **duas zonas de planctônicos** *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e **uma zona de bentônicos** *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960) (Fig. 6).

A zona *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960) foi posicionada na porção basal deste poço, que é constituída por *mudstones* e folhelhos, sobrepostos por um pacote de margas, de idade neo-albiana. A primeira espécie que dá seu nome à zona bentônica não foi encontrada neste poço, sendo marcada por meio da espécie *Gyroidina bandyi* Trujillo (1960).

A zona *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) foi definida na porção mediana da seção, que é constituída por folhelhos, margas e *mudstones* sobrepostos por um pacote de arenitos, de idade eocenomaniana. A fauna associada é composta por *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e *Heterohelix moremani* Cushman (1938) e últimas ocorrências de *Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (2009) e *Spitoplecta pseudotessera* Cushman (1938).

A zona *Rotalipora appeninica* Renz (1936) foi definida na porção superior deste poço, que é constituída por folhelhos intercalados com um pacote de arenitos, de idade neocampaniana. A fauna associada é composta pela última ocorrência de *Heterohelix moremani* Cushman (1938).

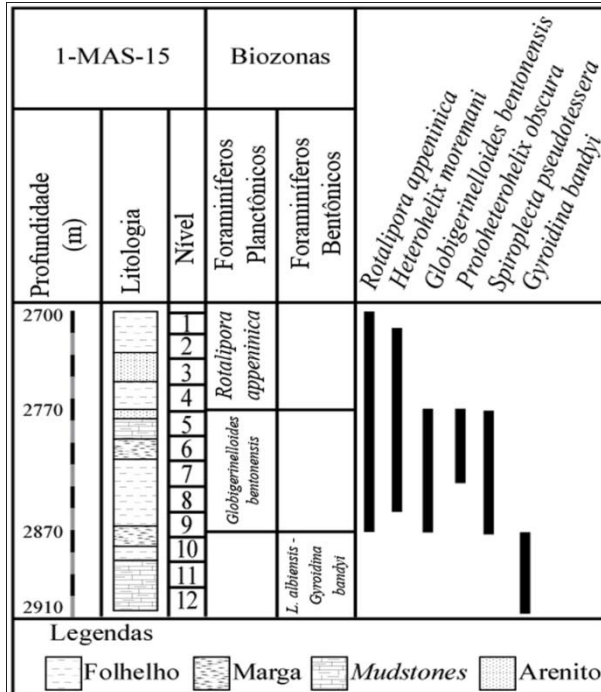


FIGURA 6. Distribuição bioestratigráfica das principais espécies de foraminíferos identificadas no poço 1-MAS-15 e níveis de coleta. A primeira espécie que dá seu nome à zona bentônica não foi encontrada neste poço.

FIGURE 6. Biostratigraphic distribution of the major species of identify foraminifera in the 1-MAS-15 well and sampling levels. The first species that gives its name to the benthic zone was not found in this well.

Com base nos resultados obtidos da distribuição dos foraminíferos planctônicos e bentônicos, nos poços 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 foram possíveis correlações entre os poços e estabelecimento de biozonas (Fig. 7).

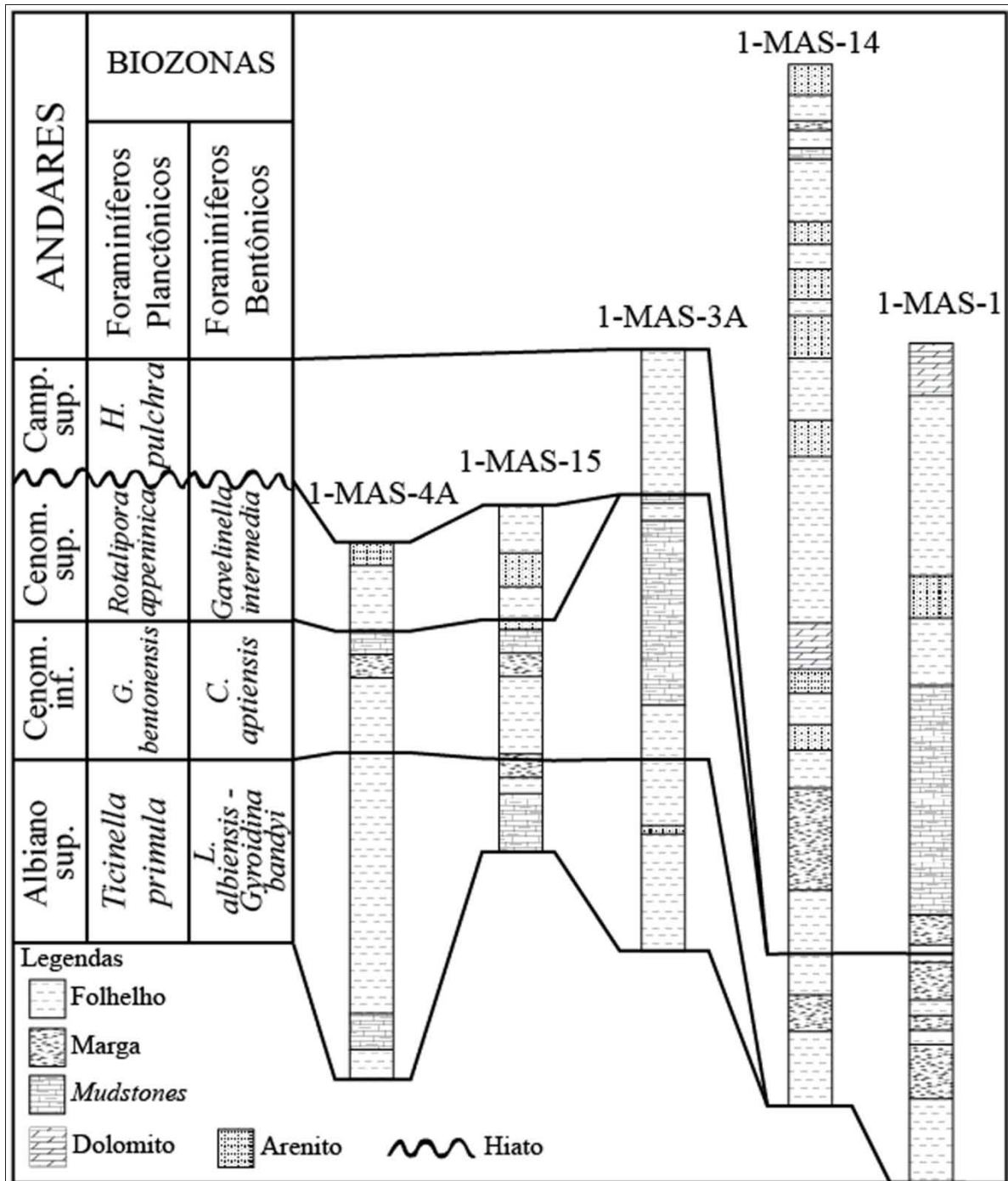


FIGURA 7. Correlação bioestratigráfica entre os poços 1-MAS-4A, 1-MAS-15, 1-MAS-3A, 1-MAS-14 e 1-MAS-1.

FIGURE 7. Biostratigraphic correlation between the wells 1-MAS-4A, 1-MAS-15, 1-MAS-3A, 1-MAS-14 and 1-MAS-1.

Dentre os vários arcabouços bioestratigráficos encontrados na literatura para o Cretáceo, o proposto por Koutsoukos & Bengtson (1993), para a Bacia de Sergipe, é o que melhor se

adapta a bacias da margem equatorial brasileira, devido à similaridade da fauna, por esta razão, após a correlação entre os poços realizou-se uma comparação entre as biozonas propostas e as estabelecidas por estes autores (Fig. 8).

Andar	Koutsoukos & Bengtson (1993)		Silva (neste estudo)	
	Foraminíferos Planctônicos	Foraminíferos Bentônicos	Foraminíferos Planctônicos	Foraminíferos Bentônicos
Maastrichtiano	<i>C. contusa</i> - <i>G. aegyptiaca</i>	<i>O. clarki</i> - <i>P. kickapooensis</i>	-	-
	<i>G. gansseri</i> - <i>G. stuartiformis</i>	<i>G. loetterlei</i> - <i>O. velascoensis</i>		
	<i>C. ex gr. fornicata</i> - <i>G. limeiana</i>	<i>C. ex gr. beaumontiana</i> - <i>G. nonionoides</i>		
Campaniano	<i>G. orientlis</i> - <i>G. ventricosa</i>	<i>L. gouskovi</i> - <i>O. clavata</i>	<i>Heterohelix pulchra</i>	-
	<i>C. patelliformis</i> - <i>G. elevata</i> / <i>atuartiformis</i> plexus	<i>S. bramlettei</i> - <i>R. ex gr. szanochae</i>	-	-
Santoniano	<i>D. asymetrica</i>	<i>N. texana</i> - <i>O. clarki</i>	-	-
	<i>D. concavata</i> - <i>M. sinuosa</i>	<i>L. revoluta</i> - <i>G. spinea</i>		
Coniaciano	<i>A. cretacea</i> - <i>D. primitiva</i>	<i>Gavelinella</i> sp. A - <i>Valvulinera</i> sp. A	-	-
Turoniano	<i>D. primitiva</i>	<i>Valvulinera</i> sp. B - <i>G. berthelini-plummerae-reussi</i> plexus	-	-
	<i>H. (W.) aprica</i> - <i>H. (W.) baltica</i>	<i>G. levis</i> - <i>N. ex gr. obscura</i>		
	<i>H. (W.) archaeocretacea</i> - <i>H. reussi</i>	<i>G. obesa</i> - <i>G. levis</i>		
Cenomaniano	<i>H. (W.) aprica</i> - <i>G. bentonensis</i>	<i>G. levis</i> - <i>Discammina</i> sp. A	<i>Rotalipora appenninica</i>	<i>Gavelinella intermedia</i>
	<i>H. (W.) baltica</i> - <i>H. (W.) brittonensis</i>	<i>Nodosaria</i> ex gr. <i>obscura</i> - <i>Cibicides</i> sp. A	<i>Globigerinelloides bentonensis</i>	<i>Coronorotalites aptiensis</i>
	<i>P. delrioensis</i> - <i>R. appenninica</i>	<i>L. (?) thalmaniiformis</i> - <i>S. cretacea</i>		
	<i>R. brotzeni</i>	<i>Cibicides</i> sp. A - <i>P. complanata</i>		
Albiano	<i>H. (W.) gorbachikae</i> - <i>T. raynaudi</i>	<i>N. subcretacea</i> - <i>T. ex gr. excavata</i>		
	<i>G. texomaensis</i> - <i>B. breggiensis</i>	<i>N. subcretacea</i> - <i>S. cf. crassicosata</i>		
	<i>B. breggiensis</i> - <i>T. ex gr. primula</i>	<i>G. berthelini-plummerae-reussi</i> plexus - <i>G. cf. gradata</i>		
	<i>T. ex gr. primula</i> - <i>T. bejaouensis</i>	<i>E. spinulifera</i> - <i>E. carpenteri</i>		
	<i>T. bejaouensis</i>	<i>O. schloenbachi</i> - <i>P.S. ex gr. dividens</i>		
	<i>G. cushmani</i> - <i>T. bejaouensis</i>	<i>E. carpenteri</i> - <i>G. filiformis</i>		
Aptiano superior	<i>G. ex gr. maridalensis</i> - <i>H. (H.) similis</i>	<i>L. ex gr. subangulata</i> - <i>L. ex gr. nodosa</i>	-	-
	<i>G. barri</i> - <i>H. (H.) gorbachikae</i>	<i>A. cf. coprolithiformis</i> - <i>B. cf. hebergi</i> - <i>H. lueckel</i>		
		<i>L. ciryi</i> - <i>L. nodosaria</i> - <i>M. ex gr. aequivoca</i>		

FIGURA 8. Comparação entre os arcabouços bioestratigráficos de foraminíferos plantônicos e bentônicos para o Cretáceo, de Koutsoukos & Bengtson (1993) e os

propostos para os poços 1-MAS-4A, 1-MAS-15, 1-MAS-3A, 1-MAS-14 e 1-MAS-1, neste trabalho (modificado de Koutsoukos & Bengtson, 1993).

FIGURE 8. Comparison between biostratigraphic frameworks of planktonic and benthic foraminifera to the Cretaceous, from Koutsoukos & Bengtson (1993) and the proposed for the wells 1-MAS-4A, 1-MAS-15, 1-MAS-3A, 1-MAS-14 and 1-MAS-1, in this paper (modify from Koutsoukos & Bengtson, 1993).

Koutsoukos & Bengtson (1993) propuseram quarenta e sete biozonas, englobando desde o Aptiano superior até o Maastrichtiano, vinte e três de foraminíferos planctônicos e vinte e quatro de bentônicos, todas com base na primeira e última ocorrência do táxon guia, fundamentando-se na identificação dos foraminíferos, utilizando para tanto amostras de afloramentos. A comparação entre as biozonas propostas e as realizadas por estes autores mostra algumas discrepâncias, as quais podem ser atribuídas à utilização de amostras de calha no presente trabalho.

CONCLUSÕES

Pela amostragem utilizada e inexistência de outros estudos de cunho bioestratigráfico para a Bacia de Barreirinhas optou-se pela proposição de sete biozonas **de última ocorrência e de caráter local, quatro de foraminíferos planctônicos e três de foraminíferos bentônicos.**

Desta forma, a zona *Ticinella primula* Lauterbacher (1963), foraminífero planctônico, e a zona *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960), foraminíferos bentônicos podem ser utilizadas para marcar o andar Albiano superior. Esta zona abrange os poços 1-MAS-4A, 1-MAS-15 e 1-MAS-3A;

A zona *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934), foraminífero planctônico e a zona *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952), foraminífero bentônico, sugerem o andar

Cenomaniano inferior, reconhecido nos cinco poços estudados, 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15;

A zona *Rotalipora appenica* Renz (1936), foraminífero planctônico e zona *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880), foraminífero bentônico, sugerem o andar Cenomaniano superior, reconhecido nos poços 1-MAS-4A e 1-MAS-15;

A zona *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936), foraminífero planctônico sugere o andar Campaniano superior reconhecido somente na porção superior do poço 1-MAS-3A;

A análise da distribuição das espécies de foraminíferos planctônicos e bentônicos ao longo dos poços 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 revelou uma microfauna pobre e pouco diversificada.

No estudo bioestratigráfico apresentado neste trabalho para os cinco poços estudados, foi observada a existência de um hiato separando o Cenomaniano superior do Campaniano superior pela ausência dos andares Turoniano, Coniaciano e Santoniano, cuja origem não foi possível determinar.

Apesar da existência de algumas semelhanças entre as faunas de foraminíferos da Bacia de Barreirinha e Sergipe, assim como de algumas semelhanças climáticas e geológicas, não foi possível estabelecer correlações bioestratigráficas com base em foraminíferos para essas duas bacias. Por essa razão nesse estudo foram sugeridas zonas de caráter local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudos concedida, ao Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS pelo apoio recebido, a Ana Karina Scmazzon e aos colegas de trabalho pelo auxílio.

REFERÊNCIAS

- Bolli, H.M.; Beckmann, J-P & Saunders, J.B. 1994. *Benthic Foraminiferal Biostratigraphy of the South Caribbean Region*. 1^a ed. New York, Cambridge University Press, 408 p.
- Jenkins, D.G. & Murray, J.W. 1989. *Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera*. 2^a ed. New York, British Micropalaeontological Society, 593 p.
- Koutsoukos, E.A.M. & Bengtson, P. 1993. Towards an Integrated Biostratigraphy of the Upper Aptian - Maastrichtian of the Sergipe Basin, Brazil. *Documents Laboratoires de Géologie de Lyon*, 125: 241-262.
- Lana, C.C. & Beurlen, G. 2007. Microbioestratigrafia do Mesozóico-Cenozóico Brasileiro: Um Passeio pelo Tempo. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 30: 207-209.
- Leipnitz, I.I. & Aguiar, E.S. 2002. Foraminíferos Recentes e Fósseis. In: T.L., Dutra (Ed) *Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas*, São Leopoldo, UNISINOS, 56p.
- Loeblich, A.R., Jr. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*. New York, Van Nostrand Reinhold. 2 v. 1758p.
- Mapa de Localização da Bacia de Barreirinhas. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>> Último acesso em 14 de dezembro de 2010.
- Murphy, M.A. & Salvador, A. 1999. International stratigraphic guide: An abridged version. *Episodes*, 22: 255-271.
- Trosdorf Junior, I.; Zalán, P.V.; Figueiredo, J.J.P. & Soares, E.F. 2007. Bacia de Barreirinhas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 331-339.
- Zerfass, G.S.A. & Andrade, E.J. 2008. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. *Terrae Didatica*, 3(1): 18-35.

ANEXOS - LISTA TAXONÔMICA

Foraminíferos Planctônicos

Biticinella breggiensis Gandolfi (1942) - FIGURA 9.A

Dicarinella primitiva Dalbiez (1955) - FIGURA 9.B

Globigerinelloides bentonensis Morrow (1934) - FIGURA 9.C

Globigerinelloides casey Bolli, Loeblich & Tappan (1957) - FIGURA 9.D

Globigerinelloides multispinus Lalicker (1948) - FIGURA 9.E

Globigerinelloides pulchellus Todd & Low (1964) - FIGURA 9.F

Hedbergella albiana BouDagher-Fadel *et al.* (1996) - FIGURA 9.G

- Hedbergella almadenensis* Cushman & Todd (1948) - FIGURA 9.H
- Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (1961) - FIGURA 9.I
- Hedbergella gorbachikae* Longoria (1974) - FIGURA 9.J
- Hedbergella implicata* Michael (1972) - FIGURA 9.K
- Hedbergella pseudotrocoidea* Michael (1972) - FIGURA 9.L
- Heterohelix globulosa* Ehenberg (1840) - FIGURA 9.M
- Heterohelix moremani* Cushman (1938) - FIGURA 9.N
- Heterohelix pulchra* Brotzen (1936) - FIGURA 9.O
- Loeblichella hessi* Pessagno (1962) - FIGURA 9.P
- Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (2009) - FIGURA 10.A
- Protoheterohelix washitensis* Tappan (1940) - FIGURA 10.B
- Rotalipora appeninica* Renz (1936) - FIGURA 10.C
- Schakoina bicornis* Reichel (1948) - FIGURA 10.D
- Schakoina cenomana* Schako (1897) - FIGURA 10.E
- Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (2003) - FIGURA 10.F
- Spiroplecta pseudotessera* Cushman (1938) - FIGURA 10.G
- Ticinella primula* Lauterbacher (1963) - FIGURA 10.H
- Ticinella raynaudi* Sigal (1966) - FIGURA 10.I
- Ticinella roberti* Gandolfi (1942) - FIGURA 10.J

Foraminíferos Bentônicos

- Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952) - FIGURA 10.K
- Dorothia filiformis* Berthelin (1880) - FIGURA 10.L
- Frondicularia gaultina* Reuss (1860) - FIGURA 10.M
- Gavelinella intermedia* Berthelin (1880) - FIGURA 10.N
- Gyroidina bandyi* Trujillo (1960) - FIGURA 10.O
- Lenticulina discrepans* Reuss (1863) - FIGURA 10.P
- Lenticulina lobata* Reuss (1845) - FIGURA 10.Q
- Lingulogavelinella albiensi* Malapris (1965) - FIGURA 10.R

Planularia complanata Reuss (1845) - FIGURA 10.S

Saracenaria triangularis d'Orbigny (1840) - FIGURA 10.T

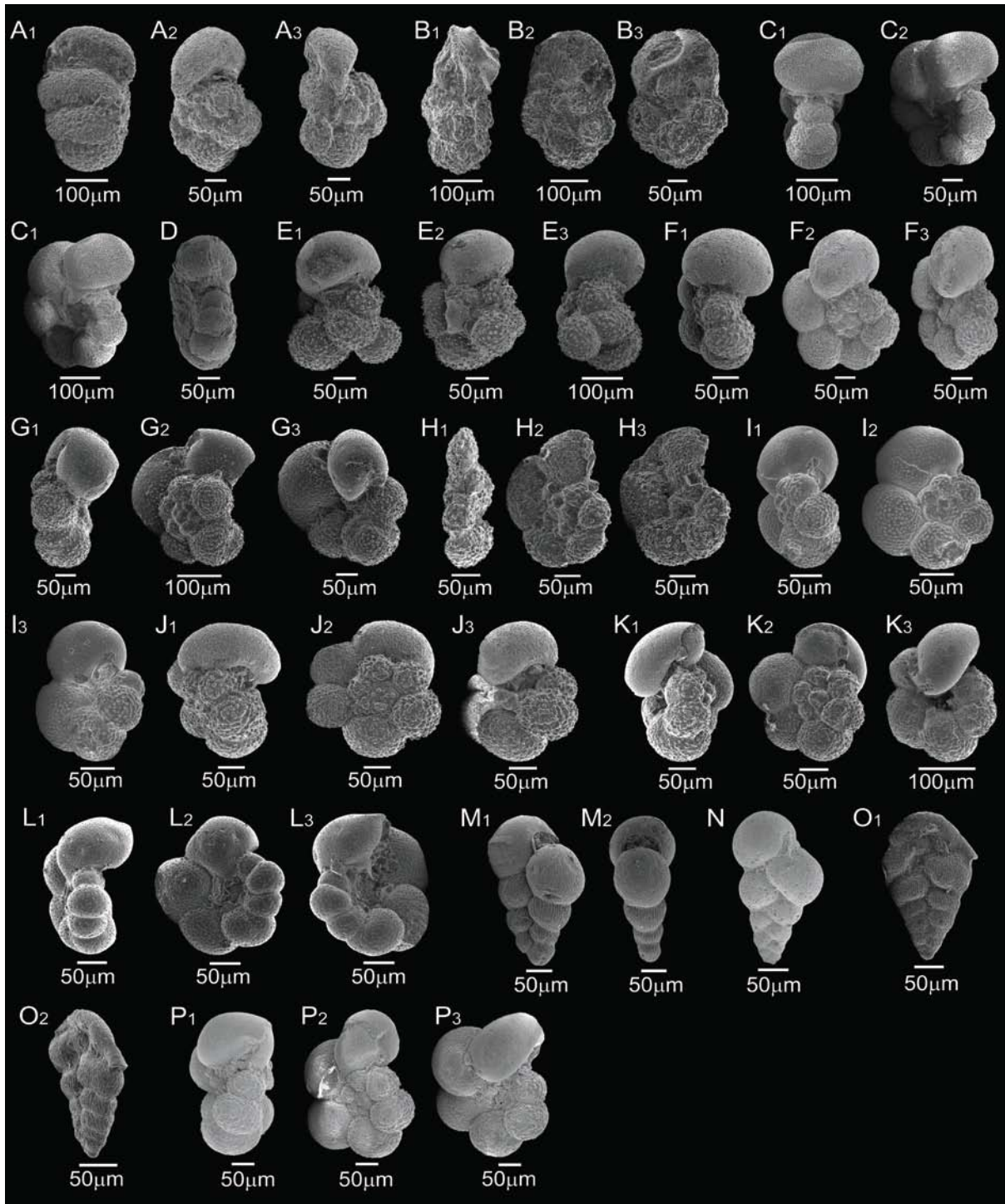


FIGURA 9. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. **A-***Biticinella breggiensis* Gandolfi (nível 31, poço 1-MAS-3A), **1-**Vista posterior, **2-**Vista frontal, **3-**vista lateral; **B-***Dicarinella primitiva* Dalbiez (nível 16, poço 1-MAS-3A), **1-**Vista lateral, **2-**Vista dorsal, **3-**vista ventral; **C-***Globigerinelloides bentonensis* Morrow (nível 33, poço 1-MAS-1), **1-**Vista frontal, **2-**Vista dorsal, **3-**vista ventral; **D-***Globigerinelloides casey* Bolli, Loeblich & Tappan (nível 37, poço 1-MAS-14); **E-***Globigerinelloides multispinus* Lalicker (nível 18, poço 1-MAS-4A), **1-**Vista frontal, **2-**Vista dorsal, **3-**vista ventral; **F-***Globigerinelloides pulchellus* Todd & Low (nível 16, poço 1-MAS-14), **1-**Vista frontal, **2-**Vista dorsal, **3-**vista ventral; **G-***Hedbergella albiana* BouDagher-Fadel *et al.* (nível 33, poço 1-MAS-4), **1-**Vista frontal, **2-**Vista dorsal, **3-**vista ventral; **H-***Hedbergella*

almadenensis Cushman & Todd (nível 23, poço 1-MAS-4), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral; **I**-*Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (nível 21, poço 1-MAS-3A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral; **J**-*Hedbergella gorbachikae* Longoria (nível 24, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral; **K**-*Hedbergella implicata* Michael (nível 25, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral; **L**-*Hedbergella pseudotrocoidea* Michael (nível 25, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral; **M**-*Heterohelix globulosa* Ehenberg (nível 6, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista lateral; **N**-*Heterohelix moremani* Cushman (nível 6, poço 1-MAS-15); **O**-*Heterohelix pulchra* Brotzen (nível 15, poço 1-MAS-3A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista lateral; **P**-*Loeblichella hessi* Pessagno (nível 26, poço 1-MAS-1), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral;

FIGURE 9. PLANKTONIC FORAMINIFERA. **A**-*Biticinella breggiensis* Gandolfi (level 31, well 1-MAS-3A), **1**-back view, **2**-frontal view, **3**-side view; **B**-*Dicarinella primitiva* Dalbiez (level 16, well 1-MAS-3A), **1**-side view, **2**-back view, **3**-ventral view; **C**-*Globigerinelloides bentonensis* Morrow (level 33, well 1-MAS-1), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **D**-*Globigerinelloides casey* Bolli, Loeblich & Tappan (level 37, well 1-MAS-14); **E**-*Globigerinelloides multispinus* Lalicker (level 18, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **F**-*Globigerinelloides pulchellus* Todd & Low (level 16, well 1-MAS-14), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **G**-*Hedbergella albiana* BouDagher-Fadel *et al.* (level 33, well 1-MAS-4), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **H**-*Hedbergella almadensis* Cushman & Todd (level 23, well 1-MAS-4), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **I**-*Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (level 21, well 1-MAS-3A), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **J**-*Hedbergella gorbachikae* Longoria (level 24, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **K**-*Hedbergella implicata* Michael (level 25, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **L**-*Hedbergella pseudotrocoidea* Michael (level 25, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **M**-*Heterohelix globulosa* Ehenberg (level 6, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-side view; **N**-*Heterohelix moremani* Cushman (level 6, well 1-MAS-15); **O**-*Heterohelix pulchra* Brotzen (level 15, well 1-MAS-3A), **1**-frontal view, **2**-side view; **P**-*Loeblichella hessi* Pessagno (level 26, well 1-MAS-1), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view;

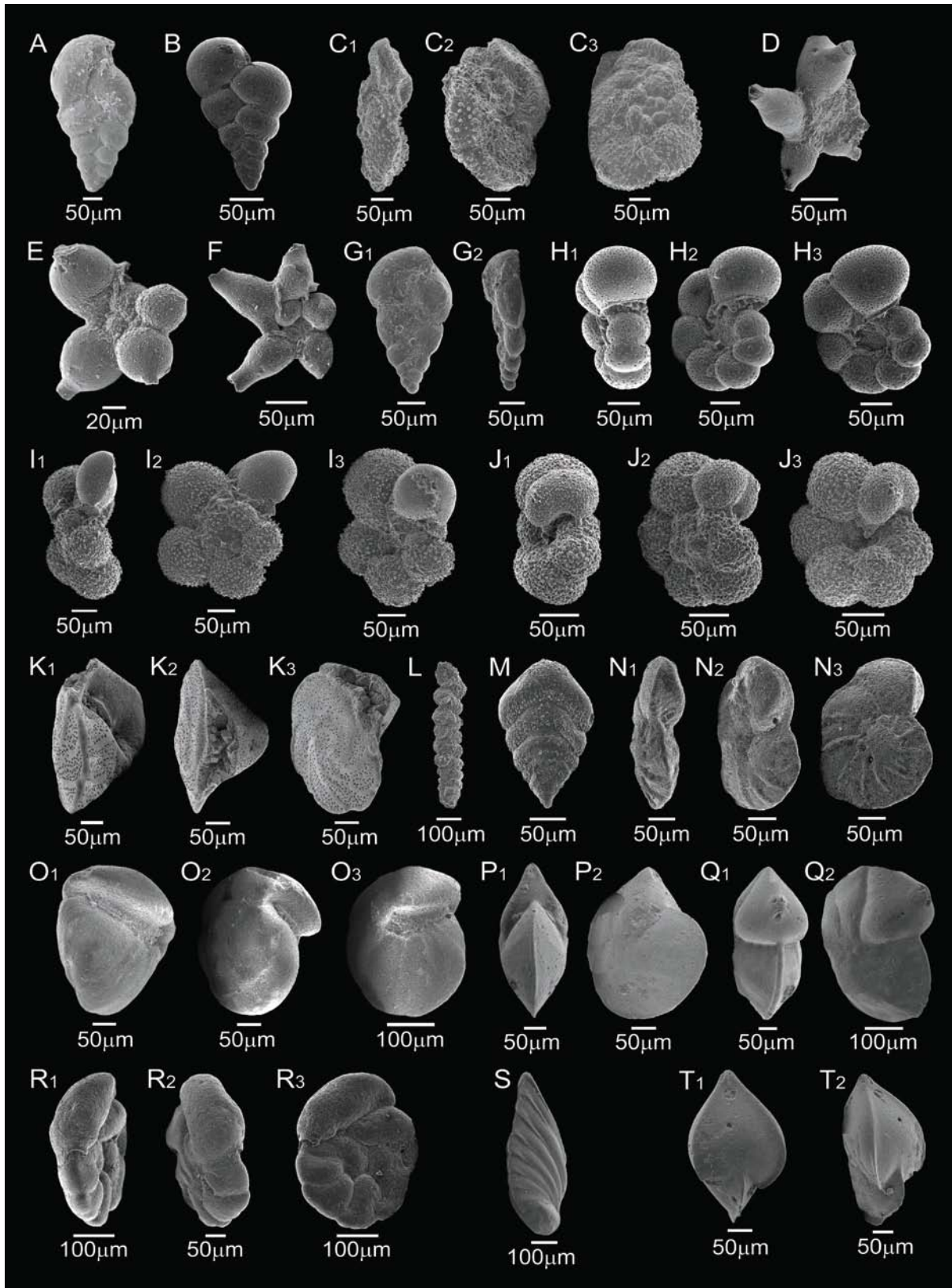
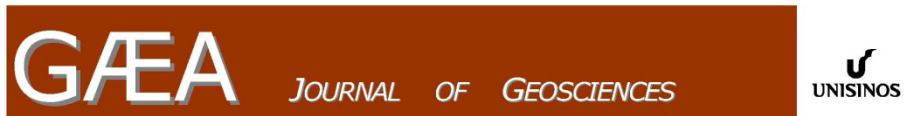


FIGURA 10. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. **A**-*Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (nível 5, poço 1-MAS-15); **B**-*Protoheterohelix washitensis* Tappan (nível 25, poço 1-MAS-4A); **C**-*Rotalipora appenninica* Renz (nível 6, poço 1-MAS-15), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral; **D**-*Schakoina bicornis* Reichel (nível 15, poço 1-MAS-4A); **E**-*Schakoina cenomana* Schako (nível 22, poço 1-MAS-4A); **F**-*Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (nível 23, poço 1-MAS-4A);

G-*Spiroplecta pseudotessera* Cushman (nível 7, poço 1-MAS-15), **1**-Vista frontal, **2**-Vista lateral; **H**-*Ticinella primula* Lauterbacher (nível 25, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista ventral, **3**-vista dorsal; **I**-*Ticinella raynaudi* Sigal (nível 22, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista ventral, **3**-vista dorsal; **J**-*Ticinella* cf. *roberti* Gandolfi (nível 22, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista dorsal, **3**-vista ventral;

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS. **K**-*Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (nível 16, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista abertural, **2**-Vista dorsal, **3**-vista basal; **L**-*Dorothia filiformis* Berthelin (nível 23, poço 1-MAS-4A); **M**-*Fronicularia gaultina* Reuss (nível 24, poço 1-MAS-4A); **N**-*Gavelinella intermedia* Berthelin (nível 24, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista ventral, **3**-vista dorsal; **O**-*Gyroidina bandyi* Trujillo (nível 30, poço 1-MAS-1), **1**-Vista frontal, **2**-Vista ventral, **3**-vista dorsal; **P**-*Lenticulina discrepans* Reuss (nível 37, poço 1-MAS-14), **1**-Vista frontal, **2**-Vista lateral; **Q**-*Lenticulina lobata* Reuss (nível 16, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista lateral; **R**-*Lingulogavelinella albiensi* Malapris (nível 23, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista ventral, **3**-vista dorsal; **S**-*Planularia complanata* Reuss (nível 19, poço 1-MAS-4A); **T**-*Saracenaria triangularis* d'Orbigny (nível 16, poço 1-MAS-4A), **1**-Vista frontal, **2**-Vista lateral;

FIGURE 10. PLANKTONIC FORAMINIFERA. **A**-*Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (level 5, well 1-MAS-15); **B**-*Protoheterohelix washitensis* Tappan (level 25, well 1-MAS-4A); **C**-*Rotalipora appenninica* Renz (level 6, well 1-MAS-15), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **D**-*Schakoina bicornis* Reichel (level 15, well 1-MAS-4A); **E**-*Schakoina cenomana* Schako (level 22, well 1-MAS-4A); **F**-*Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (level 23, well 1-MAS-4A); **G**-*Spiroplecta pseudotessera* Cushman (level 7, well 1-MAS-15), **1**-frontal view, **2**-side view; **H**-*Ticinella primula* Lauterbacher (level 25, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-ventral view, **3**-back view; **I**-*Ticinella raynaudi* Sigal (level 22, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-ventral view, **3**-back view; **J**-*Ticinella* cf. *roberti* Gandolfi (level 22, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-back view, **3**-ventral view; **BENTHIC FORAMINIFERA.** **K**-*Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (level 16, well 1-MAS-4A), **1**-opening view, **2**-back view, **3**-basal view; **L**-*Dorothia filiformis* Berthelin (level 23, well 1-MAS-4A); **M**-*Fronicularia gaultina* Reuss (level 24, well 1-MAS-4A); **N**-*Gavelinella intermedia* Berthelin (level 24, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-ventral view, **3**-back view; **O**-*Gyroidina bandyi* Trujillo (level 30, well 1-MAS-1), **1**-frontal view, **2**-ventral view, **3**-back view; **P**-*Lenticulina discrepans* Reuss (level 37, well 1-MAS-14), **1**-frontal view, **2**-side view; **Q**-*Lenticulina lobata* Reuss (level 16, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-side view; **R**-*Lingulogavelinella albiensi* Malapris (level 23, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-ventral view, **3**-back view; **S**-*Planularia complanata* Reuss (level 19, well 1-MAS-4A); **T**-*Saracenaria triangularis* d'Orbigny (level 16, well 1-MAS-4A), **1**-frontal view, **2**-side view;



São Leopoldo, 15 de janeiro de 2011

Prezada Srta. Geol. Cristiane Pakulski da Silva

Por este atestamos a submissão do manuscrito intitulado **FORAMINÍFEROS COMO INDICADORES PALEOECOLÓGICOS NO CRETÁCEO DA BACIA DE BARREIRINHAS, BRASIL**, de sua autoria em colaboração com Valesca Brasil Lemos, Vladimir de Souza, Luciane Profs Moutinho e Sara Nascimento. Analisado quanto a sua adequação aos objetivos da revista, será agora encaminhado a dois revisores de nosso Comitê Científico ou, na falta de especialistas na área, a consultores *ad hoc* e, posteriormente, retornará para sua revisão.

Com nossa consideração maior,

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "T. Lindner Dutra". The signature is written on a light blue background.

Profa. Dra. Tânia Lindner Dutra (Editor Chefe, tdutra@unisinos.br)
Prof. Dr. Ubiratan Ferrucio Faccini

Comissão Editorial

**FORAMINÍFEROS COMO INDICADORES
PALEOECOLÓGICOS NO CRETÁCEO DA BACIA DE
BARREIRINHAS, BRASIL**

**FORAMINIFERS AS PALEOENVIRONMENTAL
INDICATORS IN THE CRETACEOUS OF BARREIRINHAS
BASIN, BRAZIL**

CRISTIANE PAKULSKI DA SILVA*¹, VALESCA BRASIL LEMOS¹, VLADIMIR DE
SOUZA², LUCIANE PROFS MOUTINHO¹, SARA NASCIMENTO¹

1-Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91509-970, Porto Alegre, RS

2-Universidade Federal de Roraima, Centro de Ciências Sociais e Geociências, Departamento de Geociências, Br 174 s/n, Jardim Floresta, CEP 69310-270, Boa Vista, RR

*¹ Corresponding author – e-mail: cristianepakulski@yahoo.com.br

RESUMO - Este estudo tem por objetivo estabelecer considerações sobre as condições paleoecológicas na Bacia de Barreirinhas, durante o Cretáceo, através da análise das associações de foraminíferos planctônicos e bentônicos recuperados de 127 amostras de calha provenientes de cinco poços da referida bacia. Uma vez que as assembléias de foraminíferos planctônicos e bentônicos são sensíveis indicadores paleoambientais, as informações obtidas através da análise das variações em sua diversidade, abundância relativa e morfologia refletem, principalmente, alterações de nível do mar e de circulação oceânica. Assim, através da análise das assembléias de foraminíferos, foi possível traçar a CCD nos poços e separá-los com base na profundidade. Foi observada uma tendência geral transgressiva nesta bacia por meio do influxo sedimentar que caracteriza as variações climáticas ao longo do Período Cretáceo. A fauna de foraminíferos recuperada consiste de planctônicos com baixa diversidade e grande abundância, ocorrendo também bentônicos e raras espécies aglutinantes associadas à deposição abaixo da zona de CCD.

Palavras chave: Foraminíferos, Cretáceo, Paleoecologia;

ABSTRACT - This study aims to establish some considerations about paleoecological conditions in the Barreirinhas Basin during the Cretaceous, as a result of the analysis of the associations of planktonic and benthic foraminifera recovered from 127 samples of cuttings from five wells in the basin. Considering that planktonic and benthic foraminiferal assemblages are paleoenvironmental sensitive indicators, the information obtained through the analyses on the variations in the diversity, relative abundance and morphology mainly reflects changes in the sea level and ocean circulation. Consequently, as a result of analysis in the foraminifera assemblage was possible to trace the CCD in the wells and separate them based on depth. It was observed a general transgressive trend in this basin through sedimentary influx which characterizes the climatic variations during the Cretaceous Period. The foraminifera fauna recovered consists of planktonic species with low diversity and high abundance, also occurring benthic and rare agglutinating species associated with deposition below the CCD zone.

Keywords: Foraminifers, Cretaceous, Paleoecology;

INTRODUÇÃO

Dentre os grupos de microfósseis, os foraminíferos têm importância fundamental para o desenvolvimento de estudos paleoecológicos e paleoceanográficos, especialmente no Cretáceo, quando os foraminíferos planctônicos foram abundantes e experimentaram uma ampla variação no número de gêneros, devido às condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento (Macleod, 1993). Em relação ao seu modo de vida, os foraminíferos planctônicos vivem em geral próximos à superfície (entre 6 e 30 m), sendo praticamente ausentes abaixo de 200 m de profundidade, enquanto os bentônicos vivem sobre (epifaunais) ou dentro (infaunais) do substrato marinho, podendo ser livres ou fixos (Arenillas, 2004; Vilela, 2004).

Sua distribuição biogeográfica e batimétrica é diretamente associada ao tipo de ambiente deposicional, sendo controlada por fatores abióticos e bióticos. Entre os fatores abióticos físicos estão a temperatura da água, turbidez, pressão, luminosidade e concentração de oxigênio e nos de caráter químico, a salinidade, conteúdo de CO₂ e disponibilidade de carbonato de cálcio para a biomineralização. Entre os fatores bióticos estão as relações intra e interespecíficas, como competição e simbiose, mobilidade, taxas de reprodução entre outros (Arenillas, 2004; Molina, 2004). Assim, o conhecimento destes parâmetros permite a utilização das formas fósseis do grupo na avaliação do contexto paleoecológico em que viviam e, conseqüentemente, na elaboração de reconstruções paleoambientais, paleobiogeográficas e para a análise de grandes ciclos transgressivo-regressivos (Douglas, 1972; Martinez, 1989; Koutsoukos e Hart, 1990; Antunes e Melo, 2001).

Um dos melhores indicadores faunais de mudanças do nível do mar são os foraminíferos bentônicos, uma vez que este grupo responde as alterações das condições de fundo e do nível do mar, apresentando mudanças em seus níveis de abundância e de ocorrência para as distintas profundidades e fornecendo importantes informações sobre a salinidade, teores de oxigênio e nutrientes e sobre a paleobatimetria (Koutsoukos e Hart, 1990; Pardo *et al.*, 1996). Por outro lado, os foraminíferos planctônicos proporcionam informações a respeito da coluna d'água e sobre correntes oceânicas, produtividade, temperatura e outros fatores ambientais (Molina, 2004).

No que se refere à preservação, há ainda fatores que se relacionam a interação entre a composição química das carapaças e a composição química do meio em que foram

depositadas, como acontece com a profundidade de compensação de carbonato de cálcio (*Carbonate Compensation Depth - CCD*), que é a profundidade na qual a taxa de acumulação de carbonato se iguala à sua dissolução (Ben-Yaakov *et al.*, 1974; Larsen e Chilingar, 1983). Abaixo desta zona, apenas as formas aglutinantes ficam preservadas no registro, uma vez que suas carapaças são resistentes a dissolução neste contexto. (Kaminski, 1988; Moullade *et al.* 1998). Já para Kuhnt *et al.* (1998) assembléias de foraminíferos bentônicos de águas profundas evoluiriam para assembléias compostas exclusivamente de foraminíferos aglutinantes como resultado da subsidência no ambiente deposicional abaixo da CCD (*Carbonate Compensation Depth*).

Entre os métodos micropaleontológicos utilizados no estudo de mudanças no sistema oceânico estão as análises quantitativas, as quais partem de bases de dados estabelecidas pela contagem de espécies. Neste caso, são utilizados conceitos sobre o comportamento de faunas modernas na interpretação de faunas fósseis, uma vez que se considera os padrões de distribuição atual das faunas análogos aos do passado (Douglas, 1979).

Entre os métodos paleoecológicos baseados em tendenciamentos faunais em foraminíferos, três estão bem estabelecidos para determinação da paleobatimetria e de relações com linhas de praia: padrões de diversidade de espécies, relações entre planctônicos e bentônicos e razões entre diferentes tipos de carapaças (Eicher e Worstell, 1970; Sliter e Baker, 1972; Gibson e Buzas, 1973).

a) Diversidade de espécies de foraminíferos

O número de espécies de foraminíferos planctônicos e bentônicos e sua diversidade varia de acordo com o aumento da profundidade da lâmina d'água e do distanciamento da linha de costa. Ao chegar na borda da plataforma continental, o número de espécies tende a permanecer igual ou declina (Gibson e Buzas, 1973).

b) Relações entre planctônicos e bentônicos

A abundância de foraminíferos planctônicos aumenta além da plataforma externa, sendo o índice P/B (Planctônicos/Bentônicos) utilizado no estabelecimento de estimativas batimétricas (Eicher e Worstell, 1970).

c) Relações entre diferentes tipos de carapaças

De acordo com a composição das carapaças, os foraminíferos bentônicos podem ser divididos em três grupos: aglutinantes, porcelanáceos e hialinos. A proporção relativa entre as diferentes composições das carapaças varia de acordo com a profundidade e com a latitude. Assim, os foraminíferos porcelanáceos são mais abundantes e diversos na plataforma continental rasa ou em latitudes médias e baixas, em ambientes recifais; e mais raros em ambientes mais profundos, batiais e em altas latitudes. Os foraminíferos aglutinantes são mais comuns em ambientes marinhos marginais transicionais, como baías, golfos e planícies de maré e em ambientes batiais inferiores e abissais. Os foraminíferos bentônicos hialinos ocorrem em todas as latitudes, em todos os ambientes acima da CCD (*Carbonate compensation depth*), sendo mais abundantes na plataforma e em depósitos batiais. Através da análise do padrão de distribuição e proporção relativa destes três tipos de carapaças é possível tecer considerações acerca da profundidade da lâmina d'água, de variações na temperatura e sobre o clima (Sliter e Baker, 1972).

Este estudo foi desenvolvido visando à análise das variações nas associações de foraminíferos planctônicos e bentônicos e sua aplicação no estabelecimento de considerações sobre as condições paleoecológicas à época. A assembléia de foraminíferos estudada é de idade cretácea e foi obtida de cinco poços da Bacia de Barreirinhas. Dentre os aspectos observados destacam-se considerações a respeito das variações na profundidade da lâmina d'água e o controle exercido pela CCD na distribuição dos espécimes.

LOCALIZAÇÃO E GEOLOGIA DA ÁREA

A Bacia de Barreirinhas está localizada na costa equatorial brasileira, entre os meridianos 44°W e 42°W e paralelos 0°S e 3°S (Figura 1), englobando uma área de 46.000 km² (Trosdorf Jr. *et al.*, 2007). Os poços estudados situam-se próximos à cota batimétrica de 50 m, com registro geológico inserido nos grupos Caju (Albiano - Cenomaniano) e Humberto de Campos (Turoniano - Maastrichtiano).

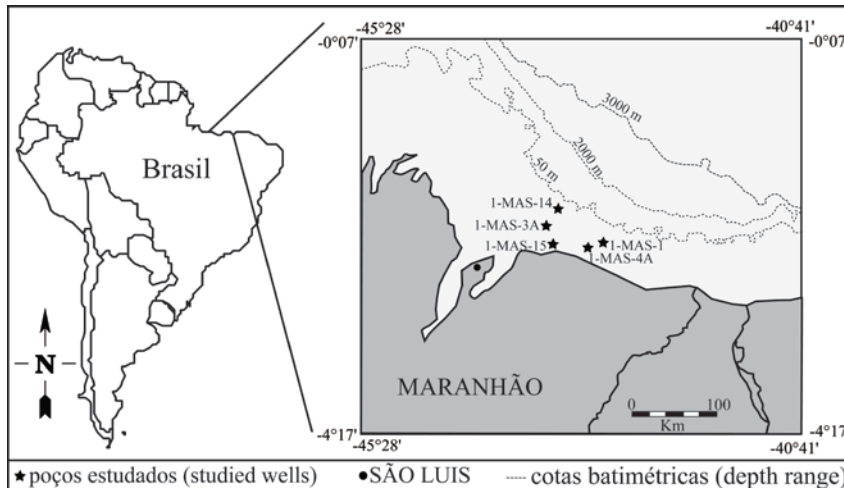


FIGURA 1. Mapa de localização da Bacia Barreirinhas e dos poços estudados 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15 (modificado de <http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>).

FIGURE 1. Location map of Barreirinhas Basin and studied wells 1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 and 1-MAS-15 (modify from <http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>).

A Bacia de Barreirinhas implantou-se sobre um substrato sedimentar paleozóico e é considerada do tipo transtensional rômbrica, com a tafrogenia iniciando no Cretáceo e terminando mais tardiamente em relação às outras bacias da margem continental. Assim, os ambientes formados pelo rifteamento foram preenchidos por depósitos marinhos durante o Albiano (Trosdorf Jr. *et al.*, 2007). A Bacia de Barreirinhas é, nesse contexto, de particular interesse por sua formação ter estado diretamente ligada à abertura do Atlântico Equatorial, durante o Cretáceo Inferior (Mohriak, 2003).

O pacote rifte é representado na base pelo Grupo Canárias, composto por uma sucessão de arenitos líticos imaturos, siltitos e folhelhos esverdeados, interpretados como representativos de um contexto deltaico. Estratigraficamente acima estão os grupos Caju e Humberto de Campos, documentando o estágio pós-rifte. O último representa um complexo sedimentar de plataforma-talude-bacia, cujas fácies de águas profundas com arenitos turbidíticos associados, foram incluídas na Formação Travosas (Trosdorf Junior *et al.*, 2007) (Figura 2).

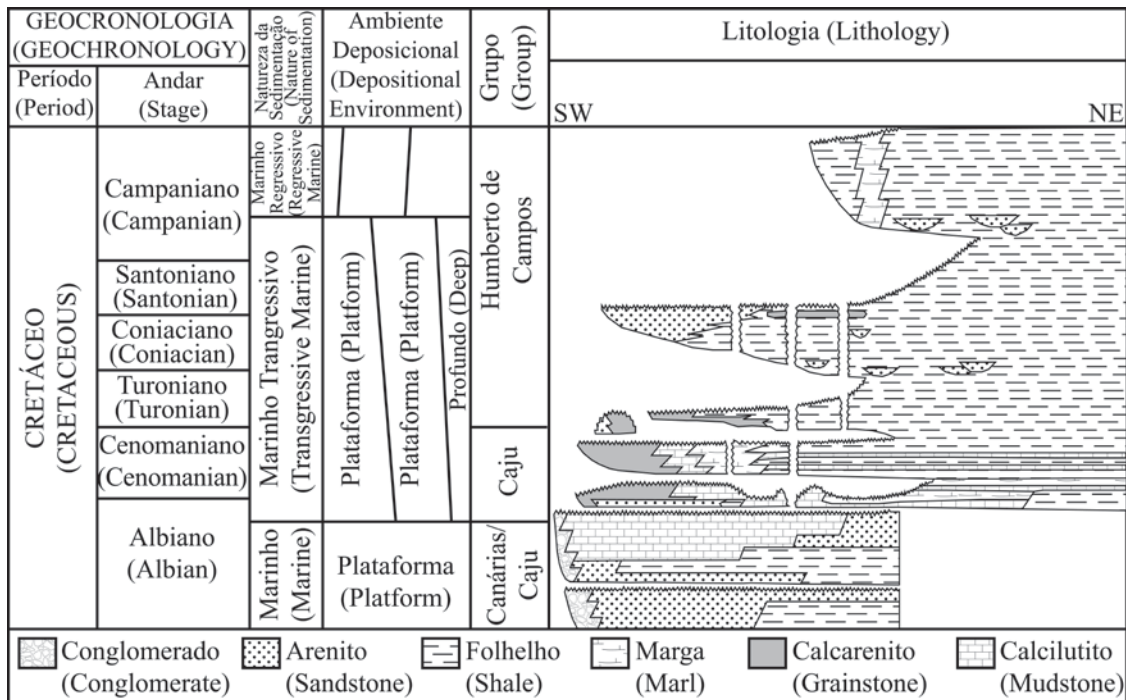


FIGURA 2. Carta Estratigráfica da Bacia de Barreirinhas, durante o Período Cretáceo (Albiano - Campaniano) (modificado de Trosdtorf Junior *et al.*, 2007).

FIGURE 2. Stratigraphic chart of Barrerinhas Basin, during the Cretaceous Period (Albian - Campanian) (modify from Trosdtorf Junior *et al.*, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram preparadas e analisadas 127 amostras de calha (Figura 3), provenientes de cinco poços (1-MAS-1, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A, 1-MAS-14 e 1-MAS-15) da Bacia de Barreirinhas (Tabela 1). As amostras utilizadas foram encaminhadas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) para o Dr. Vladimir de Souza visando à análise de microfósseis carbonáticos.

				e arenitos;	
1-MAS-3A (Alb. inf.- Camp. sup)	20	2160-2535 (375m)	15m	-Folhelho intercalado com um pacote de areia; - <i>Mudstone</i> ; -Intercalação de folhelhos e arenitos;	Canárias, Caju e Humberto de Campos
1-MAS-4A (Alb. sup.- Cenom. sup)	21	1130-1470 (340m)	15m	-Intercalação de folhelhos com <i>Mudstone</i> ; -Intercalação de folhelhos e arenitos;	Canárias e Caju
1-MAS-14 (Cenom.)	41	972-1710 (738m)	18m	-Intercalação de margas e folhelhos; -Intercalação de folhelhos e arenitos;	Caju
1-MAS-15 (Alb. sup.- Cenom.)	12	2700-2900 (200m)	15m	-Intercalação de margas, folhelhos e <i>Mudstone</i> ; -Intercalação de folhelhos e arenitos;	Canárias e Caju

As amostras foram processadas mecanicamente ou quimicamente. No processamento mecânico realizou-se sua trituração, pesagem e lavagem. No processamento químico foi utilizada água oxigenada (H₂O₂, 30 v, 10%) visando a desagregação do material friável e para as amostras mais litificadas, fez-se uso de almofariz e pilão. Posteriormente, em ambos os casos, o material processado foi peneirado nas malhas de 0,044 mm, 0,063 mm e 0,250 mm e seco em estufa a 60°C. A seguir foi realizada a triagem e seleção do material sob lupa binocular e, por fim, a confecção de lâminas associativas. Foram examinadas todas as frações, com recuperação da microfauna total de foraminíferos. Procedeu-se então a identificação taxonômica dos foraminíferos (análise qualitativa), contagem (análise quantitativa), interpretação das análises e inferências paleoecológicas e paleoceanográficas.

Visando a identificação e classificação das famílias, gêneros e espécies de foraminíferos estudados foram utilizados os trabalhos de sistemática propostos por Loeblich e Tappan (1988) e Jenkins e Murray (1989). Para tanto, foram obtidas fotomicrografias através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e executadas em diferentes escalas, de acordo com as dimensões do material analisado, o que tornou possível definir características

morfológicas importantes para sua classificação. Das 1100 fotomicrografias obtidas, 800 são de carapaças de foraminíferos planctônicos e 300, de bentônicos.

RESULTADOS

No material estudado foram identificadas 108 espécies de foraminíferos pertencentes a cinco subordens. A fauna de foraminíferos planctônicos é representada por 40 espécies e 15 gêneros, pertencentes à Subordem Globigerinina (Estampas 1, 2 e 3). Os foraminíferos bentônicos correspondem a 68 espécies e 48 gêneros e pertencentes às subordens Rotaliina (Estampa 4), Textulariina (Estampa 5), Lagenina (Estampa 6) e Miliolina (Estampa 6).

Com base nos padrões de diversidade das espécies, das relações entre planctônicos e bentônicos e das razões entre diferentes tipos de carapaças, os poços estudados foram subdivididos em: *proximais* (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15) e *distais* (1-MAS-1 e 1-MAS-14), de acordo com seu posicionamento em relação ao continente.

Poços Distais

Os poços 1-MAS-1 e 1-MAS-14 possivelmente representam deposição em áreas mais distais da bacia, uma vez que o conteúdo de foraminíferos planctônicos mostra uma assembléia composta por formas globosas, mais resistentes a dissolução e relacionadas à proximidade com a zona de CCD. (Figura 4A).

Nos poços citados a assembléia de foraminíferos planctônicos durante o Cenomaniano inferior é caracterizada pelo predomínio de *Globigerinelloides bentonensis*, *G. caseyi*, *G. pulchellus*, *Hedbergella aprica*, *H. brittonensis*, *H. delrioensis*, *H. praelibyca*, *H. simplex* e *Loeblichella hessi*. Na assembléia bentônica predominam os rotalídios, como *Gyroidina bandyi*, *Gavelinella cenomanica* e *Coronorotalites aptiensis* associados à Lagenídios *Saracenaria triangularis*, *Lenticulina discrepans*, *L. lobata*, *Laevidentalina catenula*, *Planularia complanata*, *Astaculus gratus* e *Hemirobulina abbreviata*. Nestes poços, o predomínio de espécimes planctônicos associada a uma representação escassa de bentônicos indica um ambiente deposicional de águas mais profundas durante o Cenomaniano inferior, variando de nerítico a batial superior.

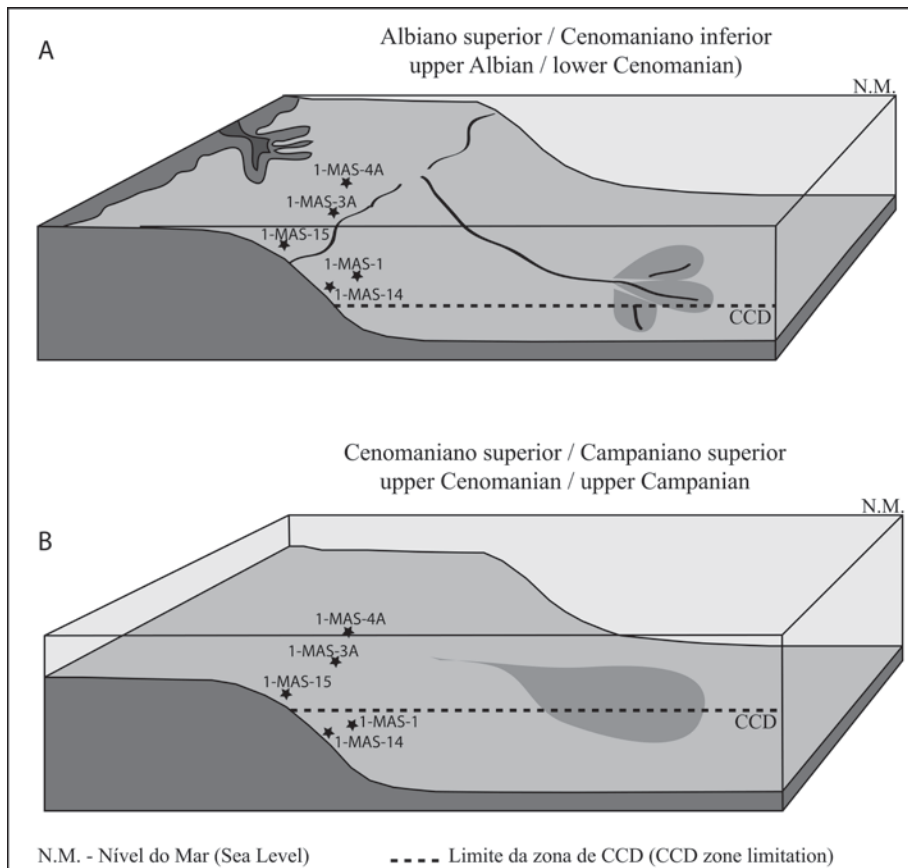


FIGURA 4. Bloco diagrama mostrando a localização dos poços estudados durante o Cretáceo, em A- Albiano superior/Cenomaniano inferior, os poços mais distais ainda se encontram acima da zona da CCD conforme revela a assembléia de foraminíferos identificada e B-Cenomaniano superior/Campaniano superior, com a evolução da bacia, observam-se a subida no nível do mar e conseqüente subida na linha da CCD nos poços mais distais.

FIGURE 4. Block diagram showing the location of the studied wells during the Cretaceous, in A- Upper Albian/Lower Cenomanian, more distal wells are still above the zone off CCD as shown by the assemblage of foraminifera identified and B-Upper Cenomanian/Upper Campanian, with the evolution of the basin, there is the rise in the sea level and consequent rise in the line with the CCD in the more distant wells.

Durante o Cenomaniano médio-superior, a ausência de carapaças calcárias de foraminíferos planctônicos e bentônicos, associada à ocorrência exclusiva de foraminíferos bentônicos aglutinantes de sílica (*Reophax globosus*), indica completa dissolução da calcita e deposição destes microfósseis abaixo da CCD.

Nestes poços se observa ainda que, neste momento, predominam pacotes de areia sobre a deposição carbonática, o que sugere um pH alto, causado pela ausência de carbonato de cálcio na água. Esse tipo de ambiente geralmente se origina sob águas estagnadas ou de lenta movimentação no fundo oceânico, com baixas quantidades de oxigênio dissolvido e alta

concentração de CO₂, resultante da decomposição da matéria orgânica. Para Govindan e Bhandari (1988) estes ambientes anóxicos são os ideais para a geração de hidrocarbonetos.

Poços Proximais

Os poços 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15 têm seus sedimentos provavelmente depositados em uma área mais proximal da bacia, sugerindo uma maior influencia continental. O principal elemento que informa sobre este contexto é a presença de espécies pertencentes à família Milioliidae que, segundo Loeblich e Tappan (1988) ocorrem normalmente em ambientes marinhos transicionais, como lagoas mixoalinas.

A assembléia de foraminíferos planctônicos identificados nos depósitos do Albiano Superior da Bacia é composta pelas espécies *Biticinella breggiensis*, *Dicarinella algeriana*, *Globigerinelloides bentonensis*, *G. multispinus*, *Hedbergella almadenensis*, *H. archaeocretacea*, *H. albiana*, *H. aprica*, *H. brittonensis*, *H. delrioensis*, *H. gorbachikae*, *H. implicata*, *H. praelibyca*, *H. pseudotrocoidea*, *H. simplex*, *Heterohelix globulosa*, *H. moremani*, *Protoheterohelix obscura*, *P. washitensis*, *Pseudotextularia browni*, *Rotalipora appenninica*, *Rugoglobigerina scotti*, *Schakoina bicornis*, *S. cenomana*, *S. leckiei*, *Spiroplecta pseudotessera*, *Ticinella* cf. *roberti*, *T. madecassiana*, *T. primula*, *T. raynaudi* e *Whiteinella baltica*.

Na fauna bentônica dominam os rotalídeos *Coryphostoma incrassatum*, *Nodogerina* cf. *alexanderi*, *Orthokarstenia parva*, *Praebulimina reussi*, *P. spinata*, *Pyramidina szajnochal*, *Siphogenerinoides bramletei*, *Coronorotalites aptiensis*, *Gavelinella baltica*, *G. intermedia*, *Gyroidina bandyi*, *Gyroidinoides globosus*, *G. nitidus* e *Lingulogavelinella albiensis* associados à lagenídeos *Frondicularia gaultina*, *Fursenkoina viscida*, *Glandulina bicamerata*, *Globulina lacrima*, *Laevidentalina catenula*, *L. distincta*, *Lenticulina discrepans*, *L. lobata*, *L. muensteri*, *L. revoluta*, *Oolina globosa*, *Palliolatella orbgyniana*, *Planularia complanata*, *Reussoolina apiculata*, *Saracenaria triangularis*, *Tristix excavata* e *Vaginulina kochi* e textularídeos *Ammobaculites coprolithiformis*, *Ammodiscus glabratus*, *Ammosphaeroidina pseudopauciloculata*, *Bathysiphon vitta*, *Bigenerina clavellata*, *Dorothia filiformis*, *Gaudryina frankei*, *Gaudryinopsis* sp., *Marssonella oxicona*, *Quasispiroplectamina navarroana*, *Q. nuda*, *Reophax globosus*, *Reophax* sp., *Rhizammina indivisa*, *Rhezakina epigona*, *R. fissistomata* e *Tritaxia pyramidata*.

Nestes poços, o aumento na quantidade de espécies durante o Albiano superior em relação aos demais andares está relacionado com o estabelecimento de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos foraminíferos neste período.

Para os níveis do Cenomaniano Inferior a fauna de foraminíferos planctônicos é composta por *Dicarinella algeriana*, *D. primitiva*, *Globigerinelloides bentonensis*, *Hedbergella brittonensis*, *H. delrioensis*, *H. archaeocretacea*, *H. aprica*, *H. praelibyca*, *H. simplex*, *Heterohelix globulosa*, *H. moremani*, *H. pulchra*, *Protoheterohelix obscura*, *P. washitensis*, *Pseudotextularia browni*, *Rotalipora appenninica*, *Spiroplecta pseudotessera*, *Ticinella roberti* e *Whiteinella baltica*. Na associação bentônica ainda predominam os rotalídeos *Coryphostoma incrassatum*, *Gavelinella baltica*, *Gyroidinoides globosus*, *G. nitidus*, *Nodogerina cf. alexanderi*, *Praebulimina reussi*, *P. spinata*, *Pyramidina szajnochal*, *Siphogenerinoides bramletei*, associados aos lagenídeos, *Globulina lacrima*, *Guttulina trigonula*, *Laevidentalina catenula*, *L. distincta*, *L. oligostegia*, *Lenticulina revoluta*, *L. muensteri*, *Nodosaria obscura*, *Oolina globosa*, *Reusoolina apiculata*, *Tristix excavata*, *Vaginulina kochi*, os textularídeos, *Ammobaculites coprolithiformis*, *Ammodiscus cretaceous*, *Ammosphaeroidina pseudopauciloculata*, *Bathysiphon robustus*, *B. vitta*, *Gaudryina frankei*, *Gaudryinopsis sp.*, *Quasispiroplectammina nuda*, *Q. navarroana*, *Reophax troyeri*, *Reophax sp.*, *Rhizammina indivisa*, *Rhezakina epigona* e a raros miliolídeos, como *Quinqueloculina seminulum* e *Spiroloculina cretacea*.

No Cenomaniano Superior, registrado apenas nos poços 1-MAS-4A e 1-MAS-15, a fauna de foraminíferos planctônicos é composta por *Dicarinella algeriana*, *Hedbergella archaeocretacea*, *H. brittonensis*, *H. delrioensis*, *H. gorbachikae*, *H. praelibyca*, *H. simplex*, *Heterohelix globulosa*, *H. moremani*, *H. pulchra*, *Protoheterohelix washitensis*, *Rotalipora appenninica* e *Whiteinella baltica*. Entre os bentônicos ainda há o predomínio de rotalídeos *Coryphostoma incrassatum*, *Gavelinella baltica*, *G. intermedia*, *Gyroidinoides globosus*, *G. nitidus*, *Nodogerina cf. alexanderi*, *Praebulimina reussi* e *P. spinata* associados à lagenídeos *Lenticulina muensteri*, *Oolina globosa*, *Vaginulina kochi*, textularídeos *Ammobaculites coprolithiformis*, *Ammosphaeroidina pseudopauciloculata*, *Gaudryina frankei*, *Gaudryinopsis sp.*, *Quasispiroplectammina nuda*, *Q. navarroana*, *Reophax troyeri*, *Reophax sp.*, *Rhizammina indivisa* e *Rhezakina epigona* e alguns miliolídeos *Quinqueloculina seminulum* e *Spiroloculina cretacea*. Destaca-se a ocorrência de Miliolídeos a partir do Cenomaniano inferior até o Cenomaniano superior, apoiando a maior influência dos ambientes proximais na gênese destes depósitos.

Níveis do Campaniano Superior são registrados exclusivamente no poço 1-MAS-3A onde a fauna planctônica é constituída por *Contusotruncana fornicata*, *C. plummerae*, *Globotruncana bulloedes*, *Hedbergella archaeocretacea*, *H. praelibyca*, *H. simplex*, *Heterohelix globulosa*, *H. moremani*, *H. pulchra*, *H. striata*, *Protoheterohelix washitensis* e *Rugoglobigerina scotti*. Entre os bentônicos estão rotalídeos, como *Coryphostoma incrassatum*, *Gyroidinoides globosus*, *G. nitidus*, *G. depressus*, *Globorotalites subconicus*, *Nodogerina* cf. *alexanderi*, *Praebulimina reussi*, *P. spinata*, *Siphogenerinoides landesi*, associados a lagenídeos *Guttulina trigonula*, *Lenticulina revoluta*, *L. muensteri*, *Laevidentalina oligostegia*, *Oolina globosa*, *Reussoolina apiculata*, *Vaginulina kochi*, textularídeos *Ammobaculites coprolithiformis*, *A. fragmentarius*, *Ammodiscus cretaceous*, *Ammosphaeroidina pseudopauciloculata*, *Bathysiphon robustus*, *B. vitta*, *Bolivinopsis spectabilis*, *Cribrostomoides trinitatensis*, *Gaudryina franki*, *G. levigata*, *Gaudryinopsis* sp., *Quasispiroplectammina navarroana*, *Reophax troyeri*, *Rhizammina indivisa*, *Rhezakina epigona*, *Textulariopsis hikagezawensis*, *Tritaxia ellisorae* e miliolídeos *Quinqueloculina seminulum* e *Spiroloculina cretacea*. Neste intervalo a associação faunística de foraminíferos demonstra um predomínio da fauna planctônica em relação a bentônica e as espécies de Miliolidae, mais uma vez, apóiam a influência de ambientes proximais na gênese destes depósitos.

CONCLUSÕES

Neste estudo é apresentada uma análise do conteúdo de foraminíferos planctônicos e bentônicos de cinco poços obtidos da Bacia de Barreirinhas. Os padrões de diversidade de espécies, a presença de diferentes famílias de foraminíferos, a relação entre espécies de planctônicos e bentônicos e as variações morfológicas por eles apresentados direcionaram a localização das faunas em termos de profundidade da lâmina d'água, o que qualifica esse grupo fóssil como ferramenta de grande utilidade para estudos paleoecológicos/paleoceanográficos, ao menos em caráter local.

De uma maneira geral, os dados paleoambientais interpretados com base nas mudanças nas associações de foraminíferos identificadas nos poços mais distais indicam que houve uma variação da zona de CCD entre o Albiano superior/Cenomaniano inferior e o Cenomaniano superior/Campaniano superior. Esta variação da zona de CCD possivelmente resultou de um evento de subida do nível do mar e que deve estar relacionado às transgressões

marinhas associadas à abertura do Oceano Atlântico na época. Da mesma forma, nos poços mais proximais, o aumento na quantidade de espécies durante o Albiano superior em relação aos demais andares está relacionado com o estabelecimento de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos foraminíferos neste período e estas, por sua vez, podem ter relação com esse evento transgressivo global.

A maior parte da fauna (90%) recuperada é constituída de foraminíferos planctônicos com baixa diversidade e grande abundância. O predomínio de espécimes planctônicos associada a uma representação escassa de bentônicos indica um ambiente deposicional de águas mais profundas durante o Cenomaniano inferior, variando de nerítico a batial superior. Em contrapartida a fauna bentônica é composta em sua maioria por carapaças calcárias com baixa diversidade e abundância, ocorrendo também, em alguns poços, raras espécies aglutinantes, associadas à deposição na zona abissal, abaixo da zona de CCD.

As conclusões aqui obtidas dizem respeito às particularidades do ambiente que caracterizou o cenário de deposição das rochas das seções estudadas, onde as variações ambientais, expressas pelas oscilações na lâmina d'água, são prontamente discerníveis pela análise das variações na composição das assembléias de foraminíferos obtidas. Portanto, as considerações paleoecológicas obtidas para a seção do Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, além de caracterizar os depósitos regionalmente, permitem sua correlação com depósitos contemporâneos de contextos deposicionais análogos ao estudado, em diferentes bacias sedimentares.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudos concedida, ao Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS pelo apoio recebido, e a Ana Karina Scomazzon e aos colegas de trabalho, pelo auxílio nas discussões.

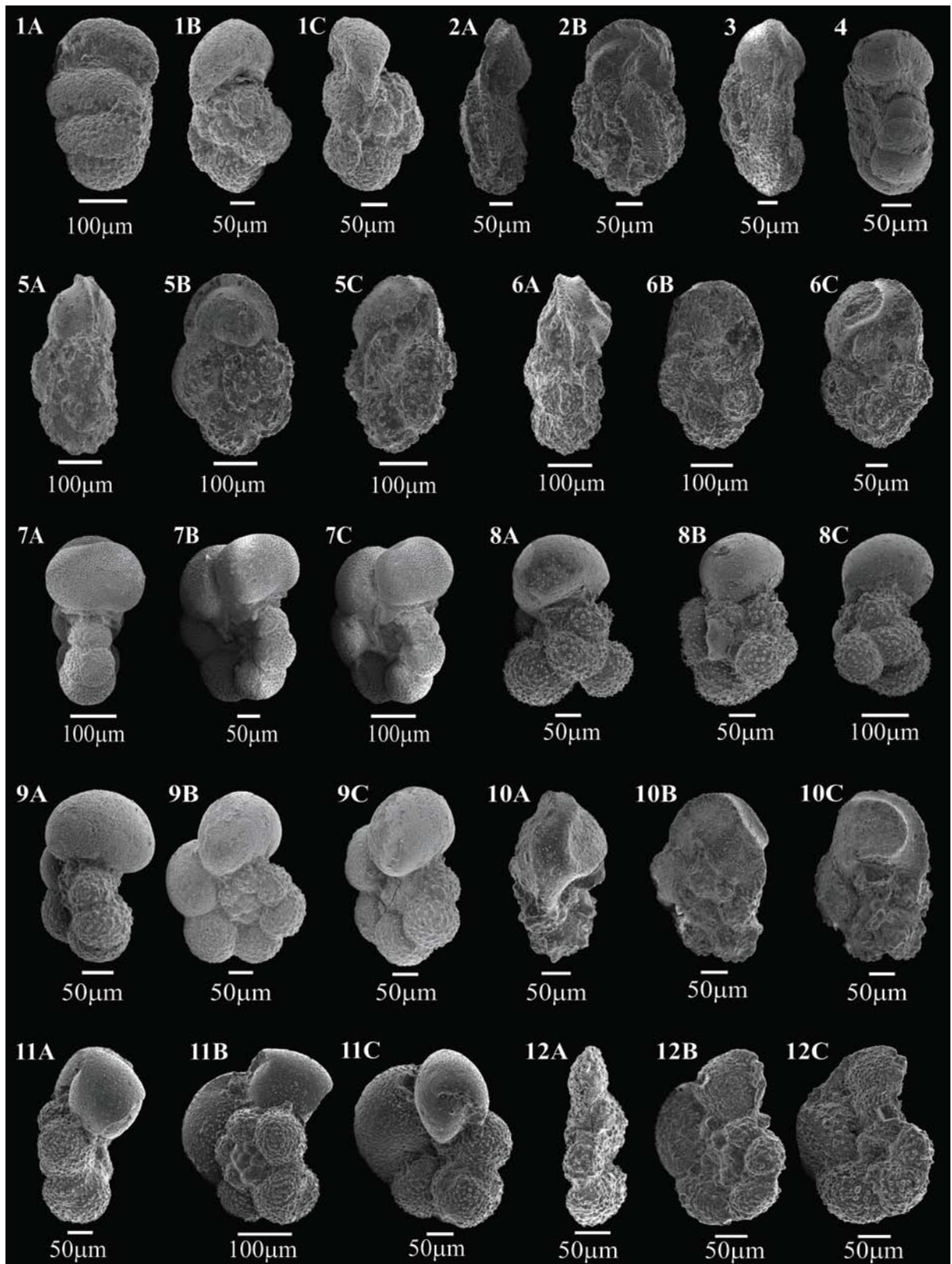
REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L.R.; MELO, G.H. J. 2001. Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências. *In*: RIBEIRO, H.J.P.S. (Ed). *Estratigrafia de Seqüências: Fundamentos e Aplicações*, p. 137-218.
- ARENILLAS, I. 2004. Limitaciones y Ventajas de los microfósiles. *In*: MOLINA, E. (Ed). *Micropaleontologia*. Zaragoza, p. 571-590.

- BEN-YAAKOV, S.; RUTH, E.; KAPLAN, I.R. 1974. Carbonate Compensation Depth: relation to carbonate solubility in ocean waters. *Science*, 184:982-984.
- DOUGLAS, R.G. 1972. Palaeozoogeography of Late Cretaceous planktonic foraminifera in North America. *Journal of Foraminiferal Research*, 2:14-34.
- DOUGLAS, R.G. 1979. Benthic foraminiferal ecology and paleoecology: a review of concepts and methods. *Foraminiferal Ecology and Paleoecology*, 6:21-53.
- EICHER, D.; WORSTELL, P. 1970. Cenomanian and Turonian foraminifera from the Great Plains, United States. *Micropaleontology*, 16:269-324.
- GIBSON, T.; BUZAS, M.A. 1973. Species diversity: patterns in modern and Miocene foraminifera of the eastern margin of North America. *Geological Society of America Bulletin*, 84:217-238.
- GOVINDAN, A.; BHANDARI, A. 1988. Eocene agglutinated foraminifera from the Cambay Basin, India, and their Paleocological significance. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 41:81-95.
- INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART. 2009. Disponível em: [<http://stratigraphy.science.purdue.edu/charts/chart.html>], acessado em 18/03/2010
- JENKINS, D.G.; MURRAY, J.W. 1989. *Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera*. British Micropalaeontological Society Series. 593p.
- KAMINSKH, M.A.; GRADSTEIN, F.M.; BERGGREN, W.A.; GEROCH, S.; BECKMANN, J. P. 1988. Flysch-Type agglutinated foraminiferal assemblages from Trinidad: Taxonomy, Stratigraphy and Paleobathymetry. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 41:155-227.
- KOUTSOUKOS, E.A.M.; HART, M.B. 1990. Radiolarians and diatoms from the Mid-Cretaceous successions of the Sergipe Basin, Northeastern Brazil. *Journal of Micropaleontology*, 9(1):45-64.
- KUHNT, W.; MOULLADE, M.; KAMINSKI, M.A. 1998. Upper Cretaceous, K/T, and Paleocene agglutinated foraminifera from Hole 959D. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159(31):389-411.
- LARSEN, G.; CHILINGAR, G.V. 1983. *Diagenesis in Sediments and Sedimentary Rocks*. Amsterdam: Elsevier, 572p.
- LOEBLICH, A.R., Jr.; TAPPAN, H. 1988. *Foraminiferal Genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York. 2 vol., 1728 p.
- MACLEOD, N. 1993. The Maastrichtian-Danian Radiation of triserial and biserial planktic Foraminifera: Testing phylogenetic and adaptational hypotheses in the (Micro) fossil record. *Marine Micropaleontology*, 21:47-100.
- MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE BARREIRINHAS. Disponível em: [<http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>], acessado em 10/01/2011
- MARTINEZ, J.I. 1989. Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironments of the Maastrichtian Colon Mudstones of Northern South America. *Micropaleontology*, 35(2):97-113.
- MOHRIAK, W.U. 2003. Bacias sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M. e GONÇALVES, J.H. (eds.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, pp. 87-94.
- MOLINA, E. 2004. *Micropaleontología*. Prensas Universitarias de Zaragoza, 704 p.

- MOULLADE, M.; WATKINS, D. K.; OBOH-IKUENOBE, F. E.; BELLIER, J-P.; MASURE, E.; HOLBOURN, A.E.L; ERBACHER, J.; KUHNT,W.; PLETSCH, T.; KAMINSKI, M. A.; RAUSCHER, R.; SHAFIK, S.; YEPES, O.; DEJAX, J.; GREGG, J. M.; SHIN, I. C.; SCHULER, M. 1998. Mesozoic Biostratigraphic, Paleoenvironmental and Paleobiogeographic synthesis, Equatorial Atlantic. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159:481-490.
- PARDO, A.; ORTIZ, N.; KELLER, G. 1996. Latest Maastrichtian and K/T boundary foraminiferal turnover and environmental changes at Agost, Spain. In: MACLEOD, N. e KELLER, G. (Eds.), *The Cretaceous/Tertiary Mass Extinction: Biotic and Environmental Events*. New York, pp. 155-176.
- SLITER, W.V.; BAKER, R. 1972. Cretaceous bathymetric distribution of benthic foraminifers. *Journal of Foraminiferal Research*, 2:167-183.
- TROSDTORF Jr., R.I.; ZALÁN, P.V.; FIGUEIREDO, J.J.P.; SOARES, E.F. 2007. Bacia de Barreirinhas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 15(2):331-339.
- VILELA, C. G. 2004. Foraminíferos. In: CARVALHO, I. S. (ed). *Paleontologia*. Editora Interciência, 2 ed., Rio de Janeiro, pp. 269-296.

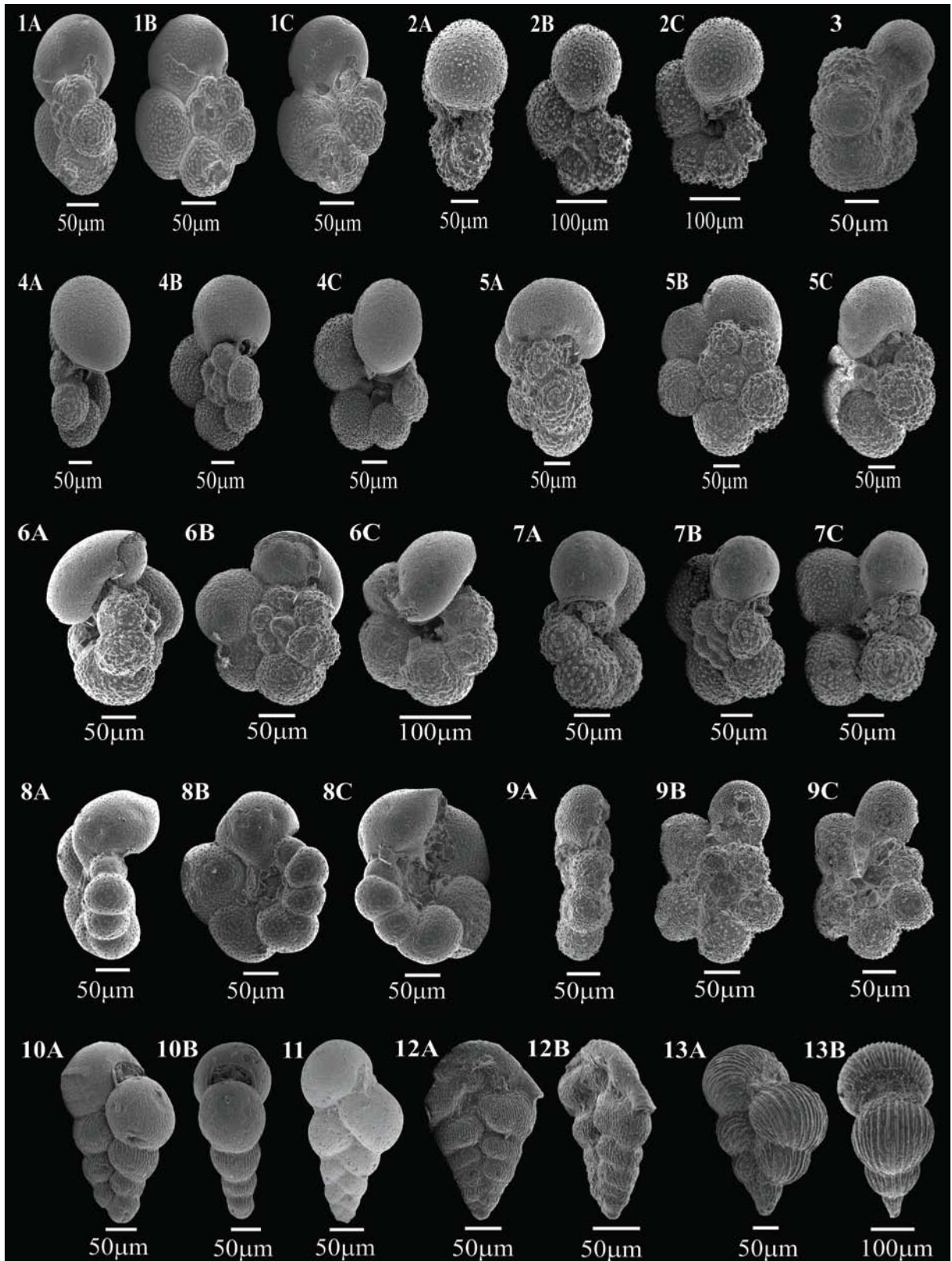
ANEXOS



ESTAMPA 1. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. 1-*Biticinella breggiensis* Gandolfi (nível 31, poço 1-MAS-3A), A-Vista posterior, B-Vista frontal, C-vista dorsal; 2-*Contusotruncana fornicata*

Plummer (nível 19, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-vista dorsal; **3**-*Dicarinella algeriana* Caron (nível 1, poço 1-MAS-15); **4**-*Globigerinelloides casey* Bolli, Loeblich & Tappan (nível 37, poço 1-MAS-14); **5**-*Contusotruncana plummerae* Gandolfi (nível 15, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **6**-*Dicarinella primitiva* Dalbiez (nível 16, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **7**-*Globigerinelloides bentonensis* Morrow (nível 33, poço 1-MAS-1), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **8**-*Globigerinelloides multispinus* Lalicker (nível 18, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **9**-*Globigerinelloides pulchellus* Todd & Low (nível 16, poço 1-MAS-14), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **10**-*Globotruncana bulloides* Vogler (nível 10, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **11**-*Hedbergella albiana* BouDagher-Fadel *et al.* (nível 33, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **12**-*Hedbergella almadenensis* Cushman & Todd (nível 23, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral;

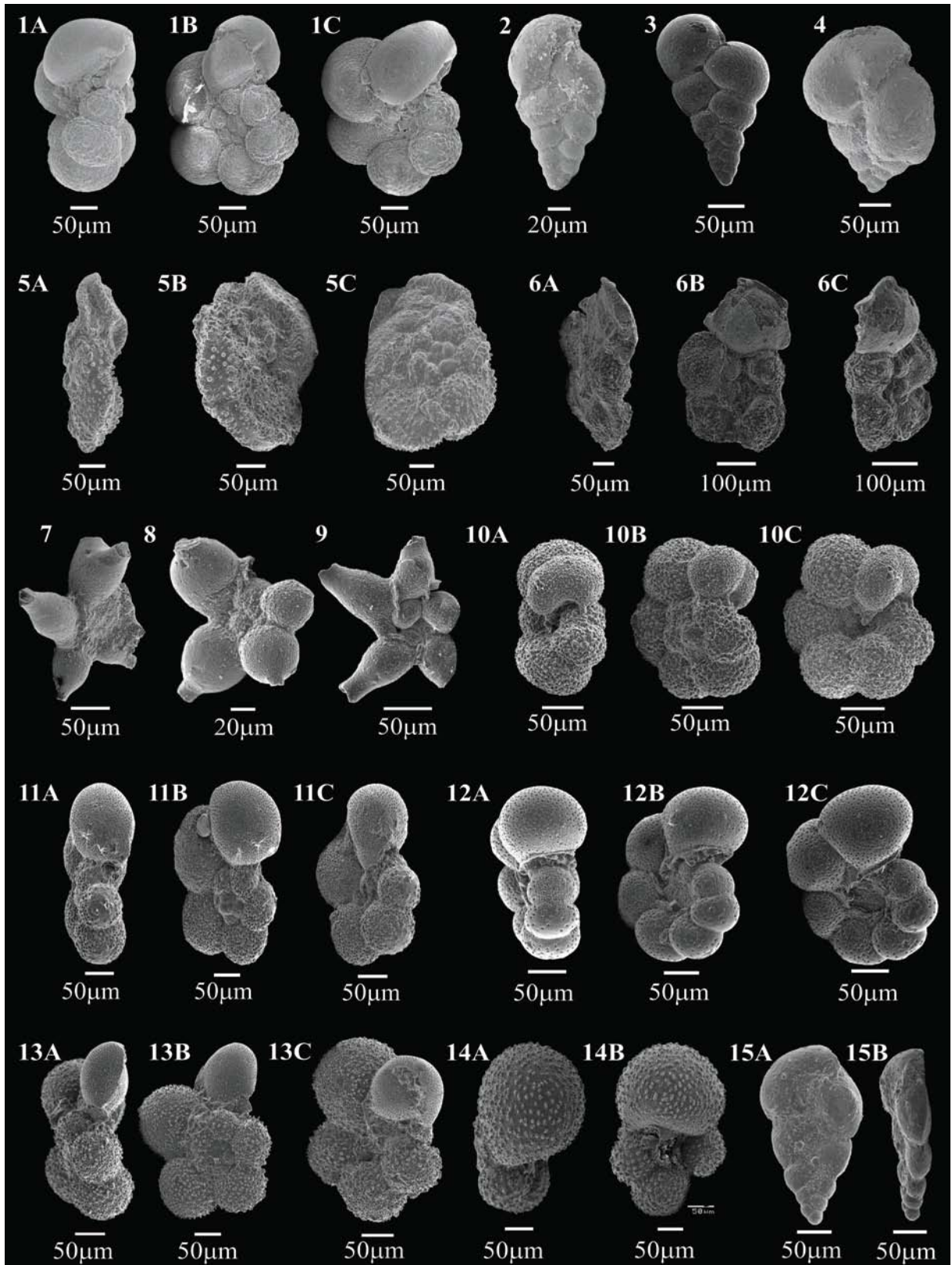
PLATE 1. PLANCTONIC FORAMINIFERA. **1**-*Biticinella breggiensis* Gandolfi (level 31, well 1-MAS-3A), **A**-Back view, **B**-Frontal view, **C**-Dorsal view; **2**-*Contusotruncana fornicata* Plummer (level 19, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view; **3**-*Dicarinella algeriana* Caron (level 1, well 1-MAS-15); **4**-*Globigerinelloides casey* Bolli, Loeblich & Tappan (level 37, well 1-MAS-14); **5**-*Contusotruncana plummerae* Gandolfi (level 15, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **6**-*Dicarinella primitiva* Dalbiez (level 16, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **7**-*Globigerinelloides bentonensis* Morrow (level 33, well 1-MAS-1), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **8**-*Globigerinelloides multispinus* Lalicker (level 18, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **9**-*Globigerinelloides pulchellus* Todd & Low (level 16, well 1-MAS-14), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **10**-*Globotruncana bulloides* Vogler (level 10, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **11**-*Hedbergella albiana* BouDagher-Fadel *et al.* (level 33, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **12**-*Hedbergella almadenensis* Cushman & Todd (level 23, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view;



ESTAMPA 2. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. 1-Hedbergella aprica Loeblich & Tappan (nível 21, poço 1-MAS-3A), **A-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **2-***Hedbergella archaeocretacea* Pessagno (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **3-***Hedbergella brittonensis* Loeblich & Tappan (nível 9, poço 1-MAS-15); **4-***Hedbergella delrioensis* Carsey (nível 8, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **5-***Hedbergella gorbachikae* Longoria (nível 24, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-**

vista ventral; **6**-*Hedbergella implicata* Michael (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **7**-*Hedbergella praelibyca* Petrizzo & Huber (nível 4, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **8**-*Hedbergella pseudotrocoidea* Michael (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **9**-*Hedbergella simplex* Morrow (nível 22, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **10**-*Heterohelix globulosa* Ehenberg (nível 6, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral; **11**-*Heterohelix moremani* Cushman (nível 6, poço 1-MAS-15); **12**-*Heterohelix pulchra* Brotzen (nível 15, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral; **13**-*Heterohelix striata* Ehenberg (nível 13, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral;

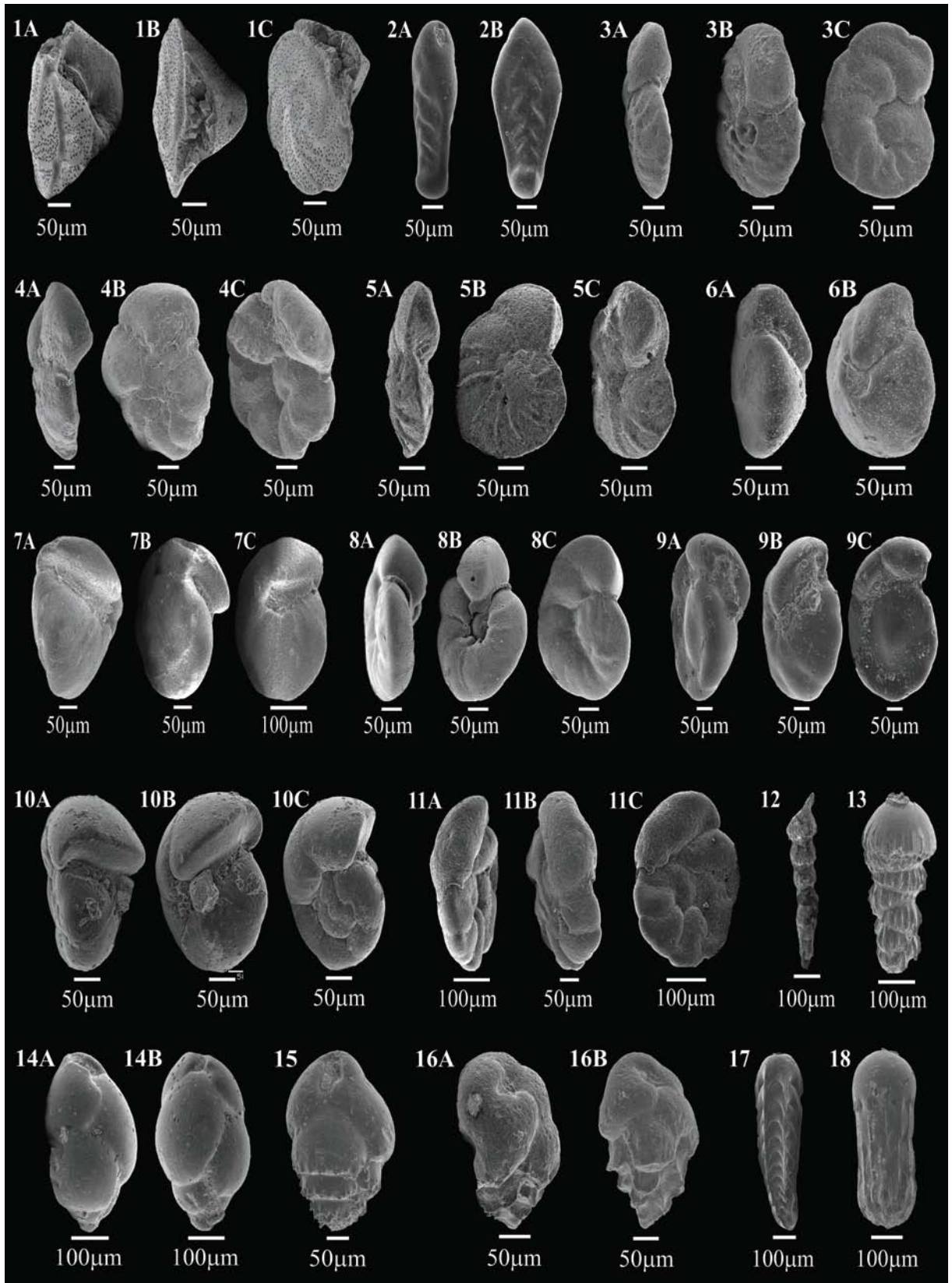
PLATE 2. PLANCTONIC FORAMINIFERA. **1**-*Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (level 21, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **2**-*Hedbergella archaeocretacea* Pessagno (level 25, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **3**-*Hedbergella brittonensis* Loeblich & Tappan (level 9, well 1-MAS-15); **4**-*Hedbergella delrioensis* Carsey (level 8, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **5**-*Hedbergella gorbachikae* Longoria (level 24, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **6**-*Hedbergella implicata* Michael (level 25, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **7**-*Hedbergella praelibyca* Petrizzo & Huber (level 4, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **8**-*Hedbergella pseudotrocoidea* Michael (level 25, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **9**-*Hedbergella simplex* Morrow (level 22, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **10**-*Heterohelix globulosa* Ehenberg (level 6, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Side view; **11**-*Heterohelix moremani* Cushman (level 6, well 1-MAS-15); **12**-*Heterohelix pulchra* Brotzen (level 15, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Side view; **13**-*Heterohelix striata* Ehenberg (level 13, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Side view;



ESTAMPA 3. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. 1-*Loeblichella hessi* Pessagno (nível 26, poço 1-MAS-1), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; 2-*Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (nível 5, poço 1-MAS-15); 3-*Protoheterohelix washitensis* Tappan (nível 25, poço 1-MAS-4A); 4-*Pseudotextularia browni* Masters (nível 5, poço 1-MAS-15); 5-*Rotalipora appenninica* Renz (nível 6, poço 1-MAS-15), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; 6-*Rugoglobigerina scotti* Plummer (nível 10, poço 1-MAS-3A) **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; 7-

Schakoina bicornis Reichel (nível 15, poço 1-MAS-4A); **8**-*Schakoina cenomana* Schako (nível 22, poço 1-MAS-4A); **9**-*Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (nível 23, poço 1-MAS-4A); **10**-*Ticinella* cf. *roberti* Gandolfi (nível 22, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **11**-*Ticinella madecassiana* Sigal (nível 24, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **12**-*Ticinella primula* Lauterbacher (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista ventral, **C**-vista dorsal; **13**-*Ticinella raynaudi* Sigal (nível 22, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista ventral, **C**-vista dorsal; **14**-*Whiteinella baltica* Douglas & Rankin (nível 4, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista ventral; **15**-*Spiroplecta pseudotessera* Cushman (nível 7, poço 1-MAS-15), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral;

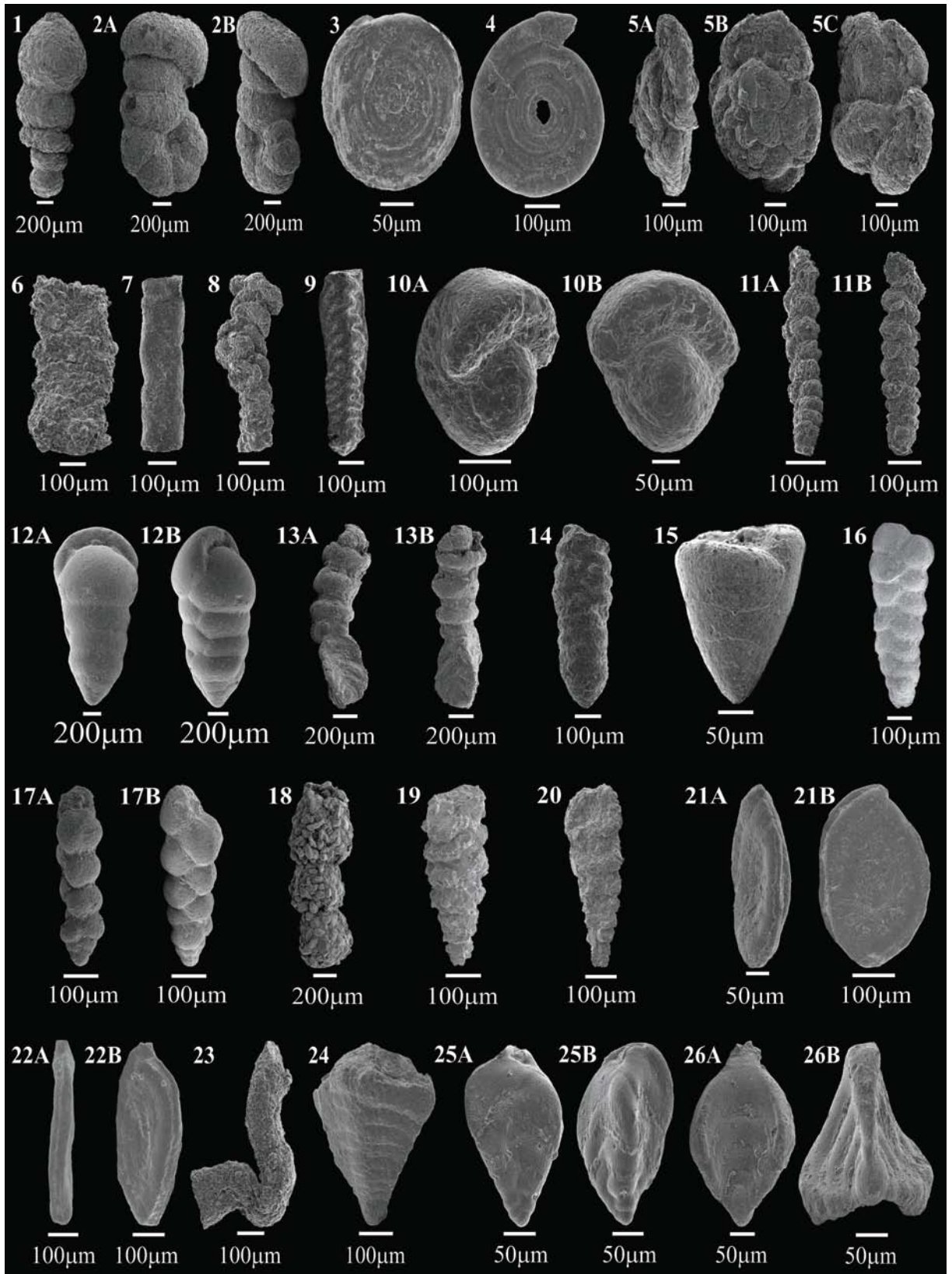
PLATE 3. PLANCTONIC FORAMINIFERA. **1**-*Loeblichella hessi* Pessagno (level 26, well 1-MAS-1), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **2**-*Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (level 5, well 1-MAS-15); **3**-*Protoheterohelix washitensis* Tappan (level 25, well 1-MAS-4A); **4**-*Pseudotextularia browni* Masters (level 5, well 1-MAS-15); **5**-*Rotalipora appenninica* Renz (level 6, well 1-MAS-15), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **6**-*Rugoglobigerina scotti* Plummer (level 10, well 1-MAS-3A) **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **7**-*Schakoina bicornis* Reichel (level 15, well 1-MAS-4A); **8**-*Schakoina cenomana* Schako (level 22, well 1-MAS-4A); **9**-*Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (level 23, well 1-MAS-4A); **10**-*Ticinella* cf. *roberti* Gandolfi (level 22, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **11**-*Ticinella madecassiana* Sigal (level 24, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **12**-*Ticinella primula* Lauterbacher (level 25, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **13**-*Ticinella raynaudi* Sigal (level 22, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **14**-*Whiteinella baltica* Douglas & Rankin (level 4, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Ventral view; **15**-*Spiroplecta pseudotessera* Cushman (level 7, well 1-MAS-15), **A**-Frontal view, **B**-Lateral view;



ESTAMPA 4. FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS, SUBORDEM ROTALIINA. 1-*Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (nível 16, poço 1-MAS-4A), A-Vista abertural, B-Vista dorsal, C-vista inferior; 2-*Coryphostoma incrassatum* Reuss (nível 29, poço 1-MAS-3A), A-Vista lateral, B-Vista frontal; 3-*Gavelinella baltica* Brotzen (nível 14, poço 1-MAS-3A), A-Vista frontal, B-Vista dorsal, C-vista ventral; 4-*Gavelinella cenomanica* Brotzen (nível 39, poço 1-MAS-14), A-Vista

frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **5**-*Gavelinella intermedia* Berthelin (nível 24, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **6**-*Globorotalites subconicus* Morrow (nível 16, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **7**-*Gyroidina bandyi* Trujillo (nível 30, poço 1-MAS-1), **A**-Vista frontal, **B**-Vista ventral, **C**-vista dorsal; **8**-*Gyroidinoides depressus* Alth (nível 29, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **9**-*Gyroidinoides globosus* Hagenow (nível 17, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista superior, **C**-vista inferior; **10**-*Gyroidinoides nitidus* Reuss (nível 27, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista superior, **C**-vista inferior; **11**-*Lingulogavelinella albiensis* Malapris (nível 23, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista ventral, **C**-vista dorsal; **12**-*Nodogerina* cf. *alexanderi* Cushman (nível 20, poço 1-MAS-3A); **13**-*Orthokarstenia parva* Cushman (nível 12, poço 1-MAS-3A); **14**-*Praebulimina reussi* Reuss (nível 20, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **15**-*Praebulimina spinata* Cushman & Campbell (nível 15, poço 1-MAS-3A); **16**-*Pyramidina szajnochal* Grzybowski (nível 31, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **17**-*Siphogenerinoides bramletei* Cushman (nível 5, poço 1-MAS-3A); **18**-*Siphogenerinoides landesi* Stone (nível 16, poço 1-MAS-3A);

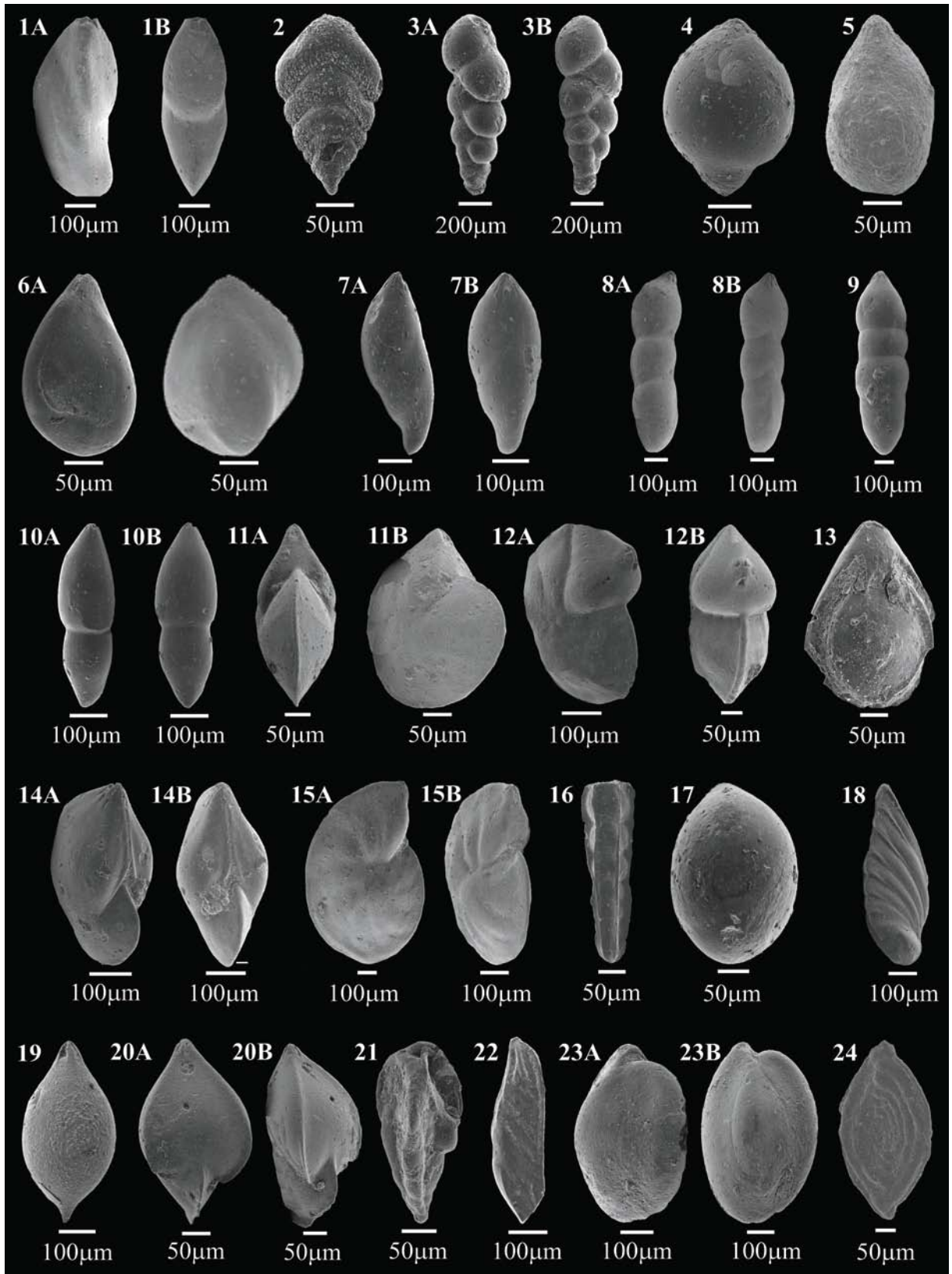
PLATE 4. BENTHIC FPRAMINIFERA, SUBORDER ROTALIINA. 1-*Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (level 16, well 1-MAS-4A), **A**-Oppening view, **B**-Dorsal view, **C**-Inferior view; **2**-*Coryphostoma incrassatum* Reuss (level 29, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **3**-*Gavelinella baltica* Brotzen (level 14, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **4**-*Gavelinella cenomanica* Brotzen (level 39, well 1-MAS-14), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **5**-*Gavelinella intermedia* Berthelin (level 24, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **6**-*Globorotalites subconicus* Morrow (level 16, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **7**-*Gyroidina bandyi* Trujillo (level 30, well 1-MAS-1), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **8**-*Gyroidinoides depressus* Alth (level 29, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **9**-*Gyroidinoides globosus* Hagenow (level 17, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Superior view, **C**-Inferior view; **10**-*Gyroidinoides nitidus* Reuss (level 27, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Superior view, **C**-Inferior view; **11**-*Lingulogavelinella albiensis* Malapris (level 23, well 1-MAS-4A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **12**-*Nodogerina* cf. *alexanderi* Cushman (level 20, well 1-MAS-3A); **13**-*Orthokarstenia parva* Cushman (level 12, well 1-MAS-3A); **14**-*Praebulimina reussi* Reuss (level 20, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **15**-*Praebulimina spinata* Cushman & Campbell (level 15, well 1-MAS-3A); **16**-*Pyramidina szajnochal* Grzybowski (level 31, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **17**-*Siphogenerinoides bramletei* Cushman (level 5, well 1-MAS-3A); **18**-*Siphogenerinoides landesi* Stone (level 16, well 1-MAS-3A);



ESTAMPA 5. FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS, SUBORDEM TEXTULARIINA. 1- *Ammobaculites coprolithiformis* Schwager (nível 15, poço 1-MAS-3A); 2- *Ammobaculites fragmentarius* Cushman (nível 8, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; 3- *Ammodiscus cretaceous* Reuss (nível 15, poço 1-MAS-3A); 4- *Ammodiscus glabratus* Cushman & Jarvis (nível 13, poço 1-MAS-3A); 5- *Ammosphaeroidina pseudopauciloculata* Myatlyuk (nível 19, poço 1-MAS-3A),

A-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **6**-*Bathysiphon robustus* Grzybowski (nível 17, poço 1-MAS-3A); **7**-*Bathysiphon vitta* Nauss (nível 12, poço 1-MAS-3A); **8**-*Bigenerina clavellata* Loeblich & Tappan (nível 25, poço 1-MAS-4A); **9**-*Bolivinopsis spectabilis* Grzybowski (nível 21, poço 1-MAS-3A); **10**-*Cribrostomoides trinitatensis* Cushman & Jarvis (nível 15, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **11**-*Dorothia filiformis* Berthelin (nível 23, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **12**-*Gaudryina frankei* Brotzen (nível 15, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **13**-*Gaudryina levigata* Franke (nível 31, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **14**-*Gaudryinopsis* sp. (nível 21, poço 1-MAS-3A); **15**-*Marssonela oxicona* Reuss (nível 25, poço 1-MAS-4A); **16**-*Quasispiroplectammina navarroana* Cushman (nível 22, poço 1-MAS-3A); **17**-*Quasispiroplectammina nuda* Lalicker (nível 22, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **18**-*Reophax globosus* Sliter (nível 12, poço 1-MAS-14); **19**-*Reophax troyeri* Tappan Sliter (nível 6, poço 1-MAS-15); **20**-*Reophax* sp. (nível 7, poço 1-MAS-15); **21**-*Rhezakina epigona* Rzehak (nível 30, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **22**-*Rhezakina fissistomata* Grzybowski (nível 19, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **23**-*Rhizammina indivisa* Brady (nível 8, poço 1-MAS-3A); **24**-*Textulariopsis hikagezawensis* Takayanagi (nível 15, poço 1-MAS-3A); **25**-*Tritaxia ellisorae* Cushman (nível 17, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; **26**-*Tritaxia pyramidata* Reuss (nível 40, poço 1-MAS-14), **A**-Vista frontal, **B**-Vista inferior;

PLATE 5. BENTHIC FPRAMINIFERA, SUBORDER TEXTULARIINA. **1**-*Ammobaculites coprolithiformis* Schwager (level 15, well 1-MAS-3A); **2**-*Ammobaculites fragmentarius* Cushman (level 8, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **3**-*Ammodiscus cretaceous* Reuss (level 15, well 1-MAS-3A); **4**-*Ammodiscus glabratus* Cushman & Jarvis (level 13, well 1-MAS-3A); **5**-*Ammosphaeroidina pseudopauciloculata* Myatlyuk (level 19, well 1-MAS-3A), **A**-Frontal view, **B**-Dorsal view, **C**-Ventral view; **6**-*Bathysiphon robustus* Grzybowski (level 17, well 1-MAS-3A); **7**-*Bathysiphon vitta* Nauss (level 12, well 1-MAS-3A); **8**-*Bigenerina clavellata* Loeblich & Tappan (level 25, well 1-MAS-4A); **9**-*Bolivinopsis spectabilis* Grzybowski (level 21, well 1-MAS-3A); **10**-*Cribrostomoides trinitatensis* Cushman & Jarvis (level 15, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **11**-*Dorothia filiformis* Berthelin (level 23, well 1-MAS-4A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **12**-*Gaudryina frankei* Brotzen (level 15, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **13**-*Gaudryina levigata* Franke (level 31, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **14**-*Gaudryinopsis* sp. (level 21, well 1-MAS-3A); **15**-*Marssonela oxicona* Reuss (level 25, well 1-MAS-4A); **16**-*Quasispiroplectammina navarroana* Cushman (level 22, well 1-MAS-3A); **17**-*Quasispiroplectammina nuda* Lalicker (level 22, well 1-MAS-4A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **18**-*Reophax globosus* Sliter (level 12, well 1-MAS-14); **19**-*Reophax troyeri* Tappan Sliter (level 6, well 1-MAS-15); **20**-*Reophax* sp. (level 7, well 1-MAS-15); **21**-*Rhezakina epigona* Rzehak (level 30, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **22**-*Rhezakina fissistomata* Grzybowski (level 19, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **23**-*Rhizammina indivisa* Brady (level 8, well 1-MAS-3A); **24**-*Textulariopsis hikagezawensis* Takayanagi (level 15, well 1-MAS-3A); **25**-*Tritaxia ellisorae* Cushman (level 17, well 1-MAS-3A), **A**-Side view, **B**-Frontal view; **26**-*Tritaxia pyramidata* Reuss (level 40, well 1-MAS-14), **A**-Frontal view, **B**-Inferior view;



ESTAMPA 6. FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS, SUBORDEM LAGENINA. 1-*Astaculus gratus* Reuss (nível 30, poço 1-MAS-1), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; 2-*Frondicularia gaultina* Reuss (nível 24, poço 1-MAS-4A); 3-*Fursenkoina viscida* Kham (nível 22, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista lateral, **B**-Vista frontal; 4-*Glandulina bicamerata* Hermann (nível 28, poço 1-MAS-3A); 5-*Globulina lacrima* Reuss (nível 10, poço 1-MAS-15); 6-*Guttulina trigonula* Reuss (nível 17, poço 1-MAS-3A),

A-Vista lateral, B-Vista frontal; 7-Hemirobulina abbreviata Neugeboren (nível 15, poço 1-MAS-3A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 8-Laevidentalina catenula** Reuss (nível 15, poço 1-MAS-4A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 9-Laevidentalina distincta** Reuss (nível 15, poço 1-MAS-3A); **10-Laevidentalina oligostegia** Reuss (nível 17, poço 1-MAS-3A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 11-Lenticulina discrepans** Reuss (nível 15, poço 1-MAS-4A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 12-Lenticulina lobata** Reuss (nível 16, poço 1-MAS-4A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 13-Palliolatella orbignyana** Seguenza (nível 17, poço 1-MAS-3A); **14-Lenticulina muensteri** Roemer (nível 14, poço 1-MAS-3A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 15-Lenticulina revoluta** Israelsky (nível 38, poço 1-MAS-14), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 16-Nodosaria obscura** Reuss (nível 20, poço 1-MAS-3A); **17-Oolina globosa** Montagu (nível 25, poço 1-MAS-3A); **18-Planularia complanata** Reuss (nível 19, poço 1-MAS-4A); **19-Reusoolina apiculata** Reuss (nível 22, poço 1-MAS-3A); **20-Saracenaria triangularis** d'Orbigny (nível 16, poço 1-MAS-4A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 21-Tristix excavata** Reuss (nível 27, poço 1-MAS-3A); **22-Vaginulina kochi** Roemer (nível 24, poço 1-MAS-4A); **FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS, SUBORDEM MILIOLINA. 23-Quinqueloculina seminulum** Linné (nível 26, poço 1-MAS-3A), **A-Vista lateral, B-Vista frontal; 24-Spiroloculina cretacea** Reuss (nível 23, poço 1-MAS-3A);

PLATE 6. BENTHIC FORAMINIFERA, SUBORDER LAGENINA. 1-Astaculus gratus Reuss (level 30, well 1-MAS-1), **A-Side view, B-Frontal view; 2-Frondicularia gaultina** Reuss (level 24, well 1-MAS-4A); **3-Fursenkoina viscida** Kham (level 22, well 1-MAS-4A), **A-Side view, B-Frontal view; 4-Glandulina bicamerata** Hermann (level 28, well 1-MAS-3A); **5-Globulina lacrima** Reuss (level 10, well 1-MAS-15); **6-Guttulina trigonula** Reuss (level 17, well 1-MAS-3A), **A-Side view, B-Frontal view; 7-Hemirobulina abbreviata** Neugeboren (level 15, well 1-MAS-3A), **A-Side view, B-Frontal view; 8-Laevidentalina catenula** Reuss (level 15, well 1-MAS-4A), **A-Side view, B-Frontal view; 9-Laevidentalina distincta** Reuss (level 15, well 1-MAS-3A); **10-Laevidentalina oligostegia** Reuss (level 17, well 1-MAS-3A), **A-Side view, B-Frontal view; 11-Lenticulina discrepans** Reuss (level 15, well 1-MAS-4A), **A-Side view, B-Frontal view; 12-Lenticulina lobata** Reuss (level 16, well 1-MAS-4A), **A-Side view, B-Frontal view; 13-Palliolatella orbignyana** Seguenza (level 17, well 1-MAS-3A); **14-Lenticulina muensteri** Roemer (level 14, well 1-MAS-3A), **A-Side view, B-Frontal view; 15-Lenticulina revoluta** Israelsky (level 38, well 1-MAS-14), **A-Side view, B-Frontal view; 16-Nodosaria obscura** Reuss (level 20, well 1-MAS-3A); **17-Oolina globosa** Montagu (level 25, well 1-MAS-3A); **18-Planularia complanata** Reuss (level 19, well 1-MAS-4A); **19-Reusoolina apiculata** Reuss (level 22, well 1-MAS-3A); **20-Saracenaria triangularis** d'Orbigny (level 16, well 1-MAS-4A), **A-Side view, B-Frontal view; 21-Tristix excavata** Reuss (level 27, well 1-MAS-3A); **22-Vaginulina kochi** Roemer (level 24, well 1-MAS-4A); **BENTHIC FORAMINIFERA, SUBORDER MILIOLINA. 23-Quinqueloculina seminulum** Linné (level 26, well 1-MAS-3A), **A-Side view, B-Frontal view; 24-Spiroloculina cretacea** Reuss (level 23, well 1-MAS-3A);

Porto Alegre, 19 de janeiro de 2011.

À Cristiane Pakulski da Silva

Venho comunicar o recebimento do manuscrito abaixo listado, submetido para publicação em *Pesquisas em Geociências*, órgão de divulgação científica editado pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Agradeço a seleção de *Pesquisas em Geociências* para a publicação de sua contribuição. O manuscrito será analisado quanto ao conteúdo e enquadramento nas normas de preparação, para que seja iniciado o processo de análise por pares.

Título: *Evidências de eventos anóxicos oceânicos (OEA'S) na Bacia de Barreirinhas durante o Cretáceo Inferior.*

Autor(es): *Cristiane Pakulski da Silva, Valesca Brasil Lemos, Vladimir de Souza & Sara Nascimento.*

Atenciosamente,



Prof. Dr. Paulo Alves de Souza
Editor Chefe

Pesquisas em Geociências

Instituto de Geociências – Departamento de Paleontologia e Estratigrafia
Av. Bento Gonçalves, nº 9500 - Bloco 1 - Prédio 43127, Sala 209
CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.
Tel.: +55.51.3308.7386
Email: paulo.alves.souza@ufrgs.br

EVIDÊNCIAS DE EVENTOS ANÓXICOS OCEÂNICOS (OEA'S) NA BACIA DE BARREIRINHAS DURANTE O CRETÁCEO INFERIOR

EVIDENCE OF OCEANIC ANOXIC EVENTS (OEA'S) IN THE BARREIRINHAS BASIN DURING THE LOWER CRETACEOUS

Cristiane Pakulski DA SILVA*², Valesca Brasil LEMOS¹, Vladimir DE SOUZA², Sara
NASCIMENTO¹

1-Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av.
Bento Gonçalves, 9500, CEP 91509-970, Porto Alegre, RS. E-mail: cristianepakulski@yahoo.com.br;
valesca.lemos@ufrgs.br; aiatha@yahoo.com.br

2-Universidade Federal de Roraima, Centro de Ciências Sociais e Geociências, Departamento de Geociências, Br 174 s/n,
Jardim Floresta, CEP 69310-270, Boa Vista, RR. E-mail: vladisouza@yahoo.com.br

*² Corresponding author – e-mail: cristianepakulski@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar a ocorrência de dois Eventos Oceânicos Anóxicos na Bacia de Barreirinhas, Margem Equatorial Brasileira, utilizando-se foraminíferos planctônicos. Foram analisados três poços (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1MAS-15) abrangendo os andares Albiano superior ao Campaniano superior. A fauna de foraminíferos encontrada apresenta adaptações morfológicas a condições de baixa oxigenação na coluna d'água, como câmaras alongadas e bilobadas, características normalmente observadas durante os Eventos Oceânicos Anóxicos. Estes eventos são comuns no Cretáceo e os mais expressivos podem ser correlacionados mundialmente devido à grande deposição de folhelhos negros. Com base na fauna de foraminíferos reconhecida sugere-se para a Bacia de Barreirinhas um Evento Anóxico de caráter local durante o Albiano superior e outro de caráter mundial durante o Cenomaniano superior que pode ser correlacionável ao OEA 2.

Palavras chave: Foraminíferos, Cretáceo, Eventos Oceânicos Anóxicos;

ABSTRACT

This work aims to present the occurrence of two Oceanic Anoxic Events in the Barreirinhas Basin, Brazilian Equatorial Margin, using for that planktonic foraminifers. Were analyzed three wells (1-MAS-3A, 1-MAS-4A and 1-MAS-15), covering Early Albian to Early Campanian stages. The foraminifera fauna found presents morphological adaptations to conditions of low oxygenation in the water column, such as elongated and bilobated chambered, characteristics usually observed during the Oceanic Anoxic Events. These events are common in the Cretaceous and the most significant can be correlated globally due to high deposition of black shales. Based in the foraminiferal fauna recognized is suggest to Barreirinhas Basin a Oceanic Anoxic Event of local character during the upper Albian and another of global character during the upper Cenomanian that can be correlated to the OAE 2.

Keywords: Foraminifers, Cretaceous, Oceanic Anoxic Events;

1.Introdução

Durante o Período Cretáceo prevaleceram condições de aquecimento global induzidas por altas concentrações de CO₂ na atmosfera. Este aquecimento foi acompanhado de um aumento no nível do mar e subsequente aceleração do ciclo hidrológico (Venturati, 2006). Segundo Friedrich (2009) a formação de grandes horizontes de folhelho negro foi favorecida pelas condições paleoclimáticas e paleogeográficas durante o aquecimento global do Cretáceo. Estes eventos de deposição em massa de matéria orgânica em ambiente marinho são chamados de OEA - Evento Anóxico Oceânico (*Oceanic Anoxic Event*) e são caracterizados por diferentes associações de foraminíferos bentônicos.

O conceito de Evento Anóxico Oceânico foi proposto pela primeira vez em 1976 por Schlanger e Jenkyns, surgindo a partir de descobertas feitas pelo *Deep Sea Drilling Project* (DSDP) no Oceano Pacífico.

Eventos Anóxicos Oceânicos podem ocorrer quando os oceanos da Terra se tornam completamente pobres em oxigênio (O₂), abaixo do nível da superfície. O registro geológico mostra que esse fenômeno aconteceu muitas vezes no passado e que pode ter sido responsável por extinções em massa de organismos marinhos, tanto no Paleozóico como no Mesozóico. Normalmente estes eventos ocorrem durante períodos de clima muito quente, caracterizados por altos níveis de dióxido de carbono (CO₂) e temperatura média de superfície, provavelmente, superior a 25°C. São reconhecidos principalmente nos períodos Jurássico e Cretáceo, podendo durar até meio milhão de anos antes que ocorra uma recuperação completa das condições oceânicas e estão fortemente associados a aquecimento global (efeito estufa) e às circulações oceânicas (Douglas, 1983).

Diversas hipóteses sugerem origens episódicas para os Eventos Anóxicos Oceânicos incluindo ambientes paleogeograficamente restritos e, em relação aos oceanos, com circulação estagnada, aumento do escoamento superficial continental com estratificação salina, condições locais de ressurgência, alta produtividade de fitoplâncton, atividade vulcânica intensa e difundida em águas profundas, e ainda desenvolvimento de uma camada intermediária de água com mínimo de oxigenação (Koutsoukos *et al.*, 1991).

Outras teorias relatam que os Eventos Anóxicos Oceânicos, e a conseqüente formação de rochas geradoras de hidrocarbonetos, estão associados à gênese de platôs oceânicos desenvolvidos a partir de erupções de lavas. As formações dos platôs oceânicos de idade cretácea ocorreram particularmente no limite Cenomaniano-Turoniano e durante o Albiano. De acordo com Condie (2001) os eventos de geração de folhelhos negros podem ser relacionados à instalação de plumas mantélicas derivadas de grandes províncias ígneas e paleoclimas quentes (Larson, 1991; Nadin *et al.*, 1997). Essa elevação sob a crosta oceânica combinada com o deslocamento de lava devido à erupção sob o assoalho oceânico resulta num significativo aumento do nível do mar (Kerr, 2005).

Neste estudo foram preparadas e analisadas 53 amostras de calha provenientes de três poços (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1MAS-15) pertencentes à Bacia de Barreirinhas, com intervalo de amostragem a cada 15m. Do poço 1-MAS-3A foram coletadas 20 amostras, enquanto do poço 1-MAS-4A foram coletadas 21 e do poço 1-MAS-15 foram coletadas 12 amostras.

2.Principais Eventos Anóxicos Oceânicos no Cretáceo

Em termos mundiais o Cretáceo é caracterizado por uma rara distribuição de folhelhos negros em ambientes marinhos rasos e profundos nos registros sedimentares geológicos de todos os tempos. Os Eventos Anóxicos Oceânicos constituem episódios globais de deposição e preservação do carbono orgânico (Arthur *et al.*, 1990) representados por variações nas condições oceânicas, como por exemplo, redução do nível de oxigenação, aumento do nível do mar associadas a mudanças ambientais em curtos períodos de tempo e que são relacionadas a variações no ciclo global de carbono. Tem-se registro desses eventos durante o limite Aptiano-Albiano, Cenomaniano-Turoniano e Coniaciano-Santoniano (esse último de menor importância) (Fig. 1).

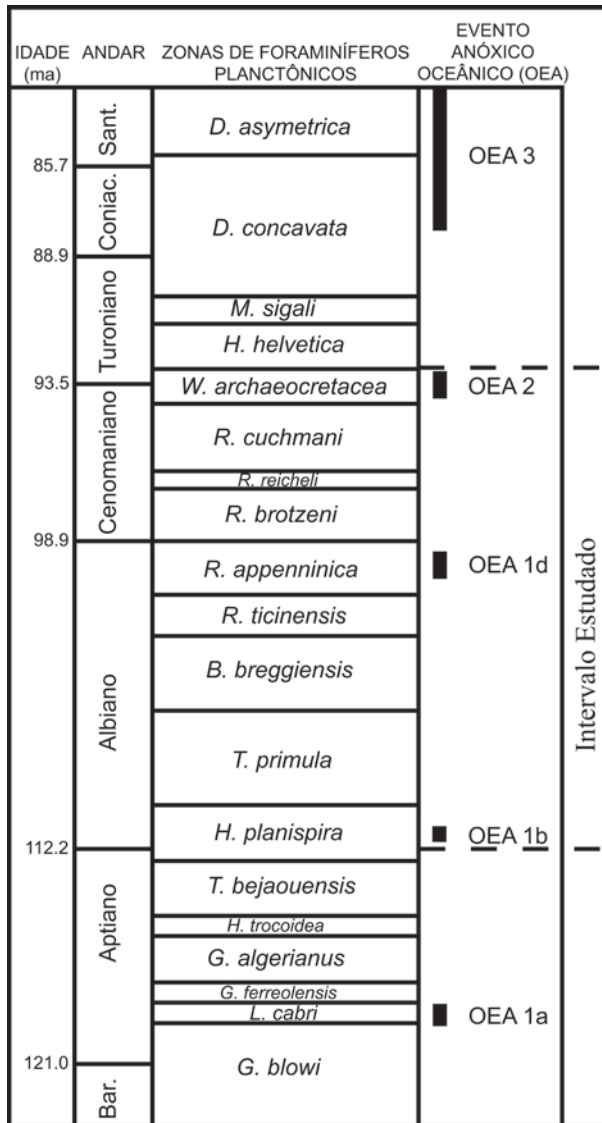


FIGURA 1 - Principais Eventos Anóxicos Globais registrados durante o Período Cretáceo (modificado de Friedrich, 2009).

Eventos Anóxicos Oceânicos locais têm sido propostos para diversos intervalos no Cretáceo. Normalmente tais eventos são caracterizados como os globais, por folhelhos negros ricos em matéria orgânica, porém seu registro parece ser mais isolado e normalmente sem conexão com outras áreas. Esses eventos são provavelmente causados por mudanças ambientais locais e não como sendo resultado de mudanças globais amplamente registradas. Apesar de sua menor importância, tais eventos locais registram variações ambientais importantes para a bacia em estudo e áreas próximas.

3. Material e Métodos

3.1. Localização da Área

A Bacia de Barreirinhas ocupa a porção costeira e de plataforma continental do Estado do Maranhão, localizada na costa equatorial brasileira, entre os meridianos 44° W e 42° W e paralelos 0°S e 3°S, englobando uma área de 46.000km², de acordo com Trosdorf Junior *et al.* (2007), predominantemente *offshore*. Os poços estudados (Fig. 2) situam-se próximos a cota batimétrica de 50m com registro geológico inserido nos grupos Caju (Albiano-Cenomaniano) e Humberto de Campos (Turoniano-Maastrichtiano).

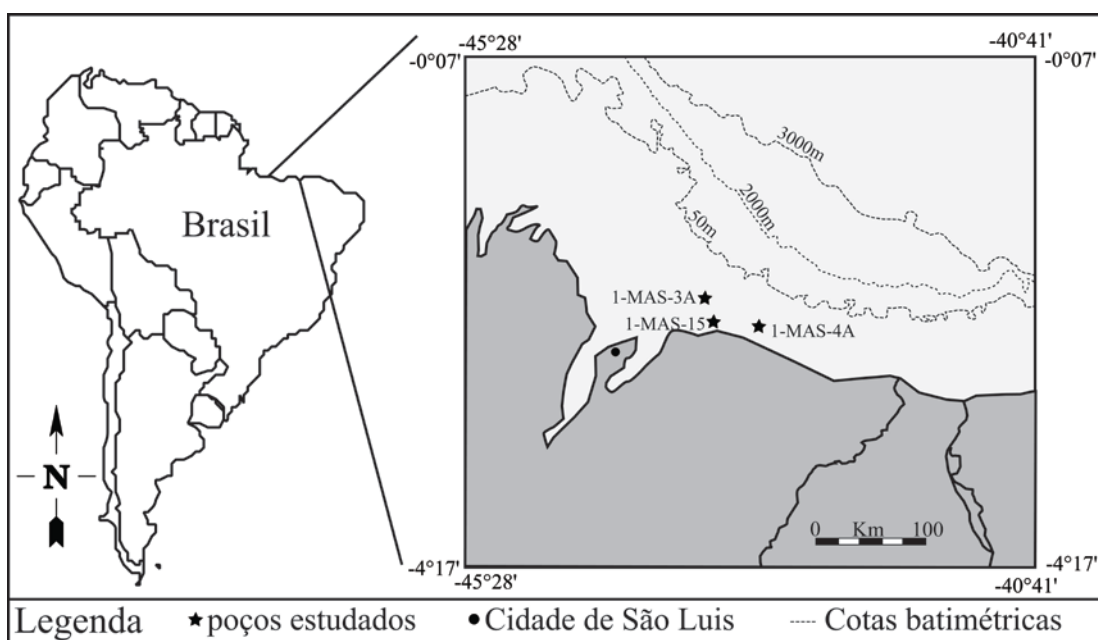


FIGURA 2 - Mapa de localização da Bacia Barreirinhas e dos poços estudados 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15 (modificado de ANP, 2011).

Esta bacia tem sido considerada um clássico exemplo de bacia transtensional rômica. A tafrogênia cretácea iniciou e terminou tardiamente em relação às outras bacias da margem continental, o que permitiu que parte do rifte fosse preenchida em ambiente marinho durante o Albiano (Trosdorf Junior *et al.*, 2007). A bacia implantou-se em um substrato sedimentar paleozóico; o pacote rifte é representado pelo Grupo Canárias, que é composto por uma seção de arenitos líticos imaturos, siltitos

e folhelhos esverdeados, um conjunto de estratos interpretado como depositados num contexto deltaico preenchendo uma bacia rifte precocemente marinha. Seguem-se os grupos Caju e Humberto de Campos, documentando o estágio pós-rifte na evolução da margem. O Grupo Humberto de Campos constitui o clássico complexo sedimentar de plataforma-talude-bacia, sendo que fácies de águas profundas, com arenitos turbidíticos associados, estão incluídas na Formação Travosas (Brandão & Feijó, 1994 *in* Trosdorf Junior *et al.*, 2007) (Fig. 3).

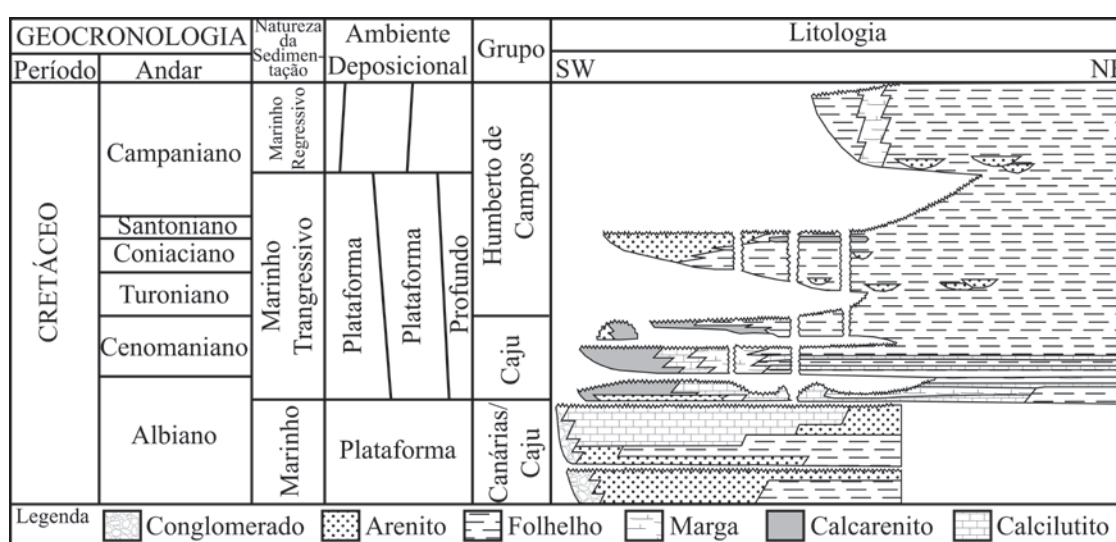


FIGURA 3 - Carta Estratigráfica da Bacia de Barreirinhas, durante o Período Cretáceo (Albiano - Campaniano) (modificado de Trosdorf Junior *et al.*, 2007).

3.2. Metodologia

Neste estudo utilizou-se a metodologia de Leipnitz & Aguiar (2002) para a preparação dos foraminíferos. Em cada horizonte amostrado foi recolhido em torno de 100g de material sedimentar, das quais foram separadas 20g para serem analisadas e o restante foi armazenado. As amostras utilizadas no presente estudo foram encaminhadas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) para o Dr. Vladimir de Souza e posteriormente cedidas para a análise de microfósseis carbonáticos.

As etapas de trabalho que se seguiram foram: processamento mecânico das amostras englobando trituração, pesagem, lavagem, triagem, seleção e confecção de lâminas associativas;

processamento químico no qual é utilizadas água oxigenada (H_2O_2 , 30v, 10%) para desagregação do material friável e se necessário, uso de almofariz e pilão para amostras mais litificadas.

Posteriormente, o material processado foi peneirado nas malhas de 0,044mm, 0,063mm e 0,250mm, e analisado em lupa binocular. Foram examinadas todas as frações, com recuperação da microfauna total de foraminíferos.

Foram preparadas e analisadas 53 amostras de calha, provenientes de três poços 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15 (Fig. 4), coletadas da seguinte maneira:

O poço 1-MAS-3A possui um intervalo de amostragem a cada 15m, com um total de 20 amostras, abrangendo de 2160 a 2535m de profundidade, constituindo-se basicamente de extensos pacotes de folhelhos intercalados com *mudstones*, provenientes dos grupos Canárias, Caju e Humberto de Campos, abrangendo o Albiano inferior ao Cenomaniano superior;

Do poço 1-MAS-4A foram coletadas 21 amostras com intervalos de amostragem de 15m, iniciando-se a 1130m até 1470m de profundidade. São compostas por folhelhos intercalados com pequenos pacotes de *mudstones* e margas, representantes dos grupos Canárias e Caju, compreendendo o Albiano superior ao Cenomaniano superior;

Do poço 1-MAS-15 foram coletadas 12 amostras, a cada 15m, de 2700 a 2900m de profundidade, constituídas de *mudstones*, intercalações de folhelhos e margas e folhelhos e arenitos, representando os grupos Canárias e Caju, abrangendo o Albiano superior ao Cenomaniano.

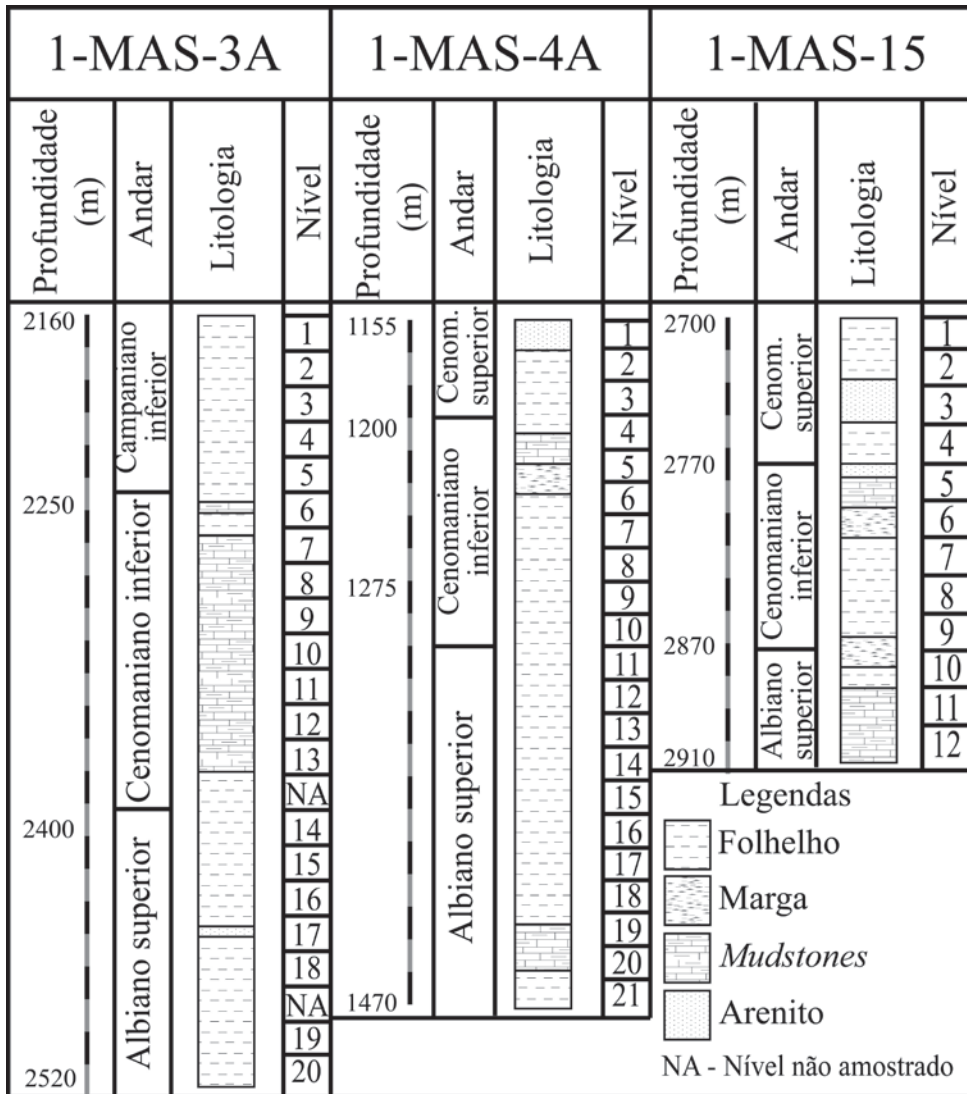


FIGURA 4 - Perfis litológicos dos poços 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15, com a profundidade e níveis de coleta das amostras.

A fim de identificar os foraminíferos e conduzir os estudos taxonômicos, 750 fotomicrografias foram tiradas, das quais 600 são de tecas de foraminíferos planctônicos e 150 de tecas de bentônicos. As fotomicrografias foram obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), executadas em diferentes escalas, de acordo com as dimensões do material analisado, tornando possível definir características morfológicas importantes para a classificação deste material.

Para identificar e classificar gêneros, espécies e famílias de foraminíferos foram utilizados trabalhos de sistemática propostos por Loeblich & Tappan (1988) e Jenkins & Murray (1989).

4. Resultados

4.1. Eventos Anóxicos Reconhecidos

Na Bacia de Barreirinhas encontraram-se evidências de Eventos Anóxicos locais nos poços 1-MAS-3A e 1-MAS-4A, e de um Evento Anóxico Global que apresenta indícios de correlação com o OEA 2 no poço 1-MAS-15.

No poço 1-MAS-15 ocorre a maior abundância de foraminíferos planctônicos durante o Cenomaniano, havendo níveis com mais de duas mil tecas por 20g de sedimento.

Nos poços analisados (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15), 90% da fauna planctônica é constituída predominantemente pelas espécies de *Heterohelix*, *Globigerinelloides* e *Hedbergella* (Fig. 5 e 6).

No poço 1-MAS-4A, durante o Albiano superior, ocorrem três espécies de *Schakoina* (Fig. 5), foraminífero planctônico que desenvolveu câmaras alongadas. Associadas a estas espécies tem-se a predominância dos gêneros *Heterohelix*, *Globigerinelloides* e *Hedbergella* (Fig. 5 e 6).

Nos poços 1-MAS-3A e 1-MAS-4A foi identificada a espécie *Biticinella breggiensis* (Fig. 5), foraminífero planctônico de ocorrência restrita ao Albiano superior, que possui como adaptação morfológica câmaras bilobadas.

4.2. Lista Taxonômica de todas as Espécies Identificadas nas Amostras Utilizadas

Biticinella breggiensis Gandolfi (1942) - Figura 5.1

Globigerinelloides bentonensis Morrow (1934) - Figura 5.2

Globigerinelloides multispinus Lalicker (1948) - Figura 5.2

Hedbergella albiana BouDagher-Fadel *et al.* (1996) - Figura 5.4

Hedbergella almadenensis Cushman & Todd (1948) - Figura 5.5

Hedbergella aprica Loeblich & Tappan (1961) - Figura 5.6

Hedbergella archaeocretacea Pessagno (1967) - Figura 5.7

Hedbergella brittonensis Loeblich & Tappan (1961) - Figura 5.8

- Hedbergella delrioensis* Carsey (1926) - Figura 5.9
- Hedbergella gorbachikae* Longoria (1974) - Figura 5.10
- Hedbergella implicata* Michael (1972) - Figura 6.1
- Hedbergella praelibyca* Petrizzo & Huber (2006) - Figura 6.2
- Hedbergella pseudotrocoidea* Michael (1972) - Figura 6.3
- Hedbergella simplex* Morrow (1934) - Figura 6.4
- Heterohelix globulosa* Ehenberg (1840) - Figura 6.5
- Heterohelix moremani* Cushman (1938) - Figura 6.6
- Heterohelix pulchra* Brotzen (1936) - Figura 6.7
- Heterohelix striata* Ehenberg (1840) - Figura 6.8
- Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (2009) - Figura 6.9
- Protoheterohelix washitensis* Tappan (1940) - Figura 6.10
- Pseudotextularia browni* Masters (1976) - Figura 6.11
- Schakoina bicornis* Reichel (1948) - Figura 6.12
- Schakoina cenomana* Schako (1897) - Figura 6.13
- Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (2003) - Figura 6.14
- Spiroplecta pseudotessera* Cushman (1938) - Figura 6.15

FIGURA 5

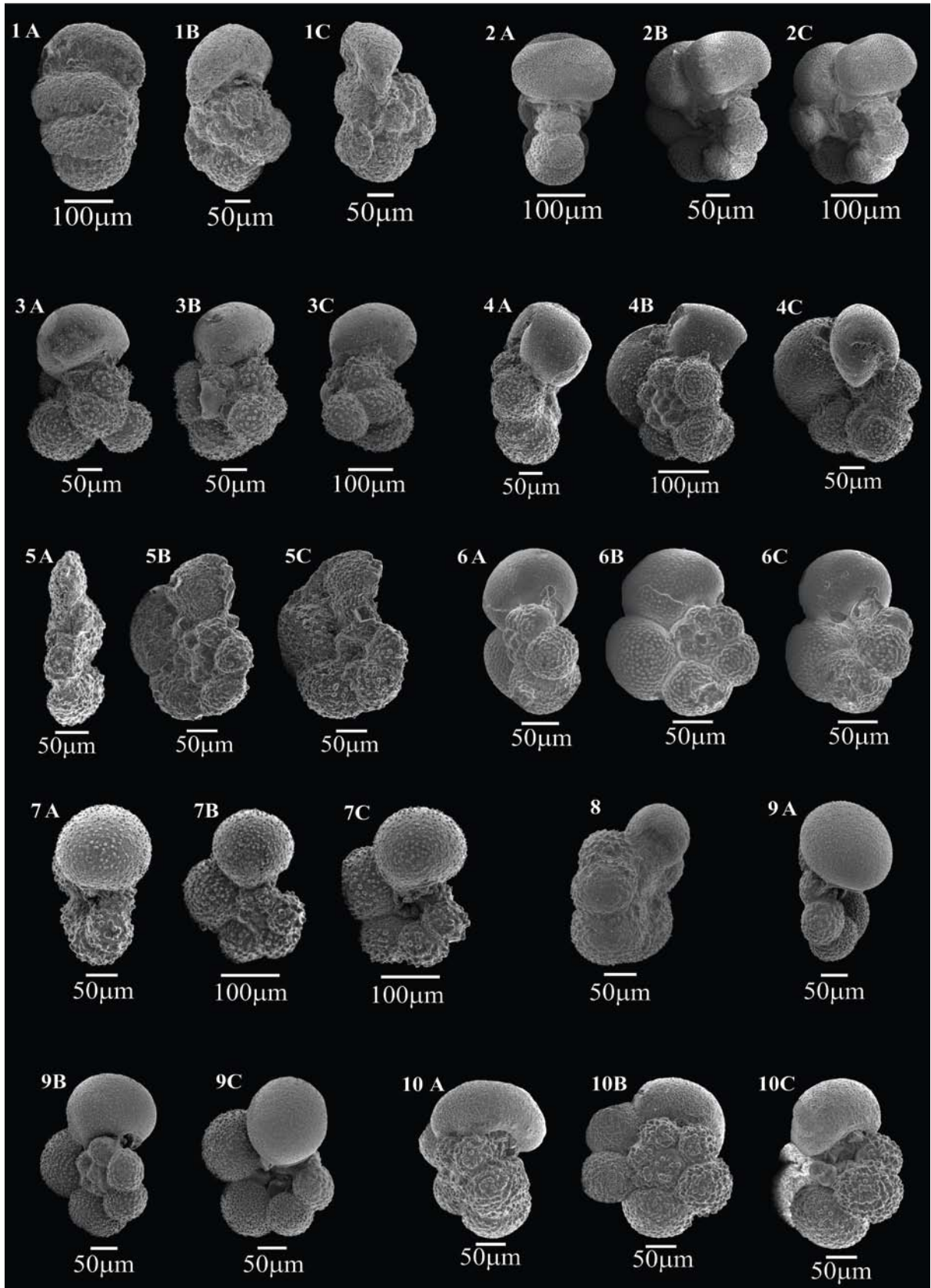


FIGURA 5. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. 1-*Biticinella breggiensis* Gandolfi (nível 31, poço 1-MAS-3A), **A-Vista posterior, B-Vista frontal, C-vista dorsal**; **2-*Globigerinelloides bentonensis*** Morrow (nível 33, poço 1-MAS-1), **A-Vista frontal, B-Vista dorsal, C-vista ventral**; **3-**

Globigerinelloides multispinus Lalicker (nível 18, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **4**-*Hedbergella albiana* BouDagher-Fadel *et al.* (nível 33, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **5**-*Hedbergella almadenensis* Cushman & Todd (nível 23, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **6**-*Hedbergella aprica* Loeblich & Tappan (nível 21, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **7**-*Hedbergella archaeocretacea* Pessagno (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **8**-*Hedbergella brittonensis* Loeblich & Tappan (nível 9, poço 1-MAS-15); **9**-*Hedbergella delrioensis* Carsey (nível 8, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **10**-*Hedbergella gorbachikae* Longoria (nível 24, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral;

FIGURA 6

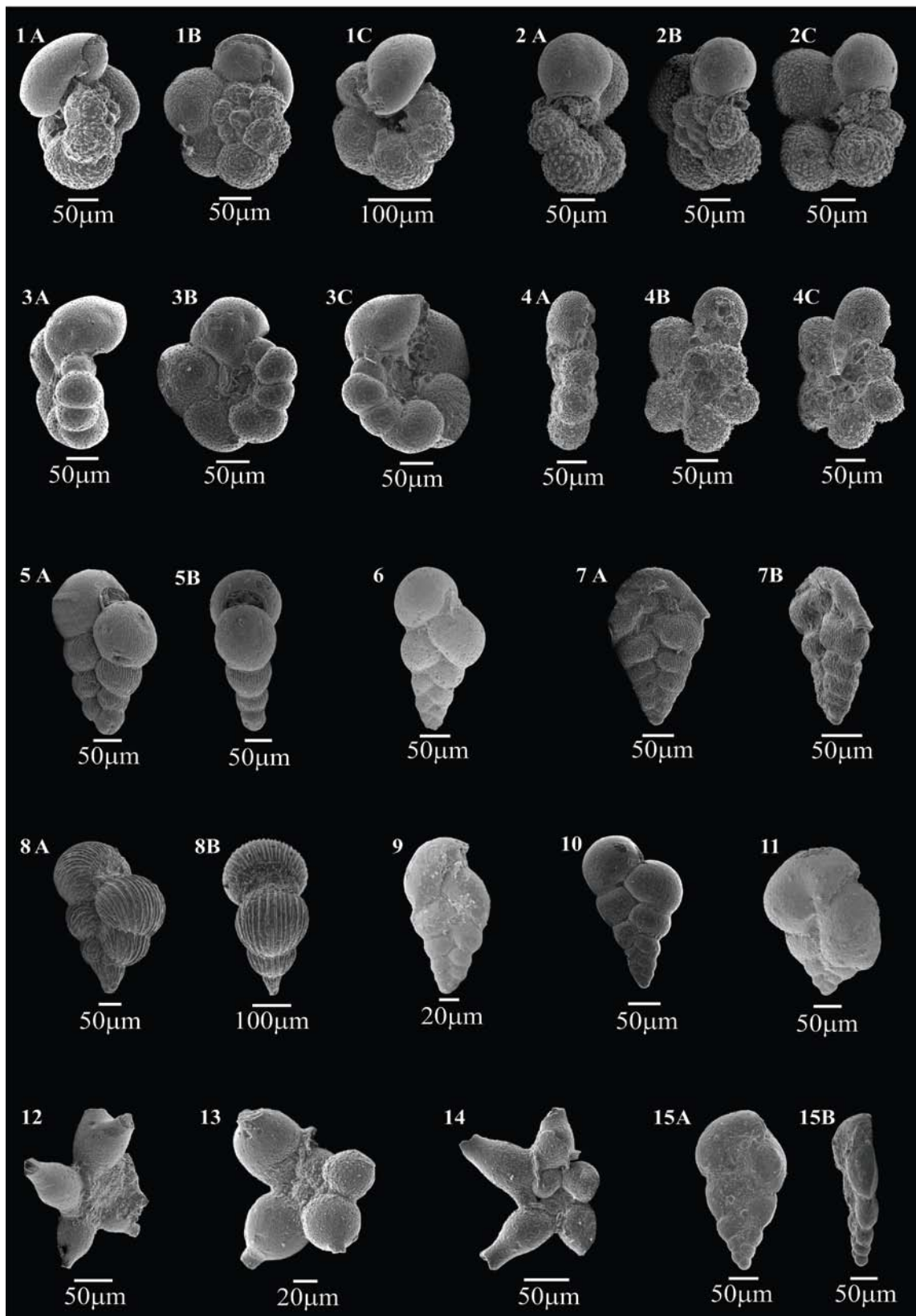


FIGURA 6. FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS. 1-Hedbergella implicata Michael (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **2-Hedbergella praelibyca Petrizzo & Huber (nível 4, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **3-Hedbergella******

pseudotrocoidea Michael (nível 25, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **4**-*Hedbergella simplex* Morrow (nível 22, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista dorsal, **C**-vista ventral; **5**-*Heterohelix globulosa* Ehenberg (nível 6, poço 1-MAS-4A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral; **6**-*Heterohelix moremani* Cushman (nível 6, poço 1-MAS-15); **7**-*Heterohelix pulchra* Brotzen (nível 15, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral; **8**-*Heterohelix striata* Ehenberg (nível 13, poço 1-MAS-3A), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral; **9**-*Protoheterohelix obscura* Georgescu & Ruber (nível 5, poço 1-MAS-15); **10**-*Protoheterohelix washitensis* Tappan (nível 25, poço 1-MAS-4A); **11**-*Pseudotextularia browni* Masters (nível 5, poço 1-MAS-15); **12**-*Schakoina bicornis* Reichel (nível 15, poço 1-MAS-4A), Vista frontal; **13**-*Schakoina cenomana* Schako (nível 22, poço 1-MAS-4A), Vista frontal; **14**-*Schakoina leckiei* Bellier, Moullade & Tronchetti (nível 23, poço 1-MAS-4A), Vista frontal; **15**-*Spiroplecta pseudotessera* Cushman (nível 7, poço 1-MAS-15), **A**-Vista frontal, **B**-Vista lateral;

5. Discussões

Observa-se na Bacia de Barreirinhas uma significativa mudança na fauna de foraminíferos à medida que o nível da água do mar vai subindo, durante o Cretáceo inferior, fazendo com que as camadas mais superficiais antes beneficiadas pelo aporte de nutrientes, luz e oxigênio tornem-se anóxicas e impróprias para a manutenção da vida.

A grande acumulação de organismos carbonáticos, como os foraminíferos encontrados nos poços (1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15), pode ser relacionada a períodos de elevado *stress* ambiental. Segundo Keller (2003), o *Stress* Biótico Máximo é indicado pela dominância de espécies oportunistas que constituem 70 a 90% da fauna. Ainda segundo este autor, o gênero *Heterohelix* é extremamente tolerante a baixos níveis de oxigenação.

Pardo & Keller (2008) concordam que o gênero *Heterohelix* tolera baixas quantidades de oxigênio e que um aumento na abundância deste gênero indicaria uma expansão da zona de mínimo oxigênio, normalmente associada a um aumento na produtividade orgânica. Segundo estes autores, os Heterohelicídios tiveram grande desenvolvimento durante o OEA 2 (transição entre o Cenomaniano - Turoniano), quando a maioria das espécies de foraminíferos planctônicos não sobreviveu, havendo a predominância de *Heterohelix* nas associações encontradas, tornando este gênero um importante marcador global do OEA 2.

Nos poços estudados o gênero *Heterohelix* aumenta em abundância próximo ao limite Cenomaniano inferior/superior, chegando a constituir 60% da fauna encontrada, sugerindo então que durante a transição destes andares pode ter ocorrido uma redução na oxigenação da água, associada provavelmente há uma expansão da zona de mínimo oxigênio.

Normalmente, associados à ambientes estressantes, de ocorrência dos OEA's e variações climáticas globais, encontram-se foraminíferos planctônicos com câmaras bilobadas. Essa bilobação das câmaras é induzida por mudanças bruscas, como aumento na produtividade primária, disponibilidade de nutrientes e paleoambientes depletados em oxigênio (Venturati, 2006).

Foraminíferos planctônicos com as características descritas acima (Fig. 5 e 6) foram identificados nos poços 1-MAS-3A e 1-MAS-4A, corroborando com a hipótese de um Evento Anóxico Local.

Coccioni *et al.* (2006) afirmam que o alongamento das câmaras dos foraminíferos planctônicos do Cretáceo inferior vem sendo interpretado como resposta adaptativa a depletação de oxigênio na parte superior da coluna d'água, onde a abundância relativa de foraminíferos planctônicos com câmaras alongadas pode ser proporcional ao *stress* do ambiente, como ocorre nos OEA's. Destes, o gênero *Schakoina* (Fig. 6) é associado a baixa oxigenação na água, pois possui câmaras alongadas, estando representada no poço 1-MAS-4A.

Estes autores comentam ainda que a oxigenação da água e as condições eutróficas são fatores significativos no controle do desenvolvimento das câmaras alongadas dos foraminíferos planctônicos, durante o Cretáceo inferior, juntamente com uma interação de fatores físico-químicos e ecológicos intensos incluindo, também, temperatura, salinidade, sazonalidade dos nutrientes, produtividade e tipo de alimento disponível.

Outro exemplo de adaptação morfológica a ambientes instáveis refere-se à ornamentação das tecas, El-Nakhal (2002), observou que costelas, alinhadas meridionalmente, nos *Globigerinelloides* (Fig. 5) de ocorrência restrita ao Cretáceo, é uma resposta a mudança nos fatores ambientais. Tais

características de costelas alinhadas meridionalmente são observadas em foraminíferos planctônicos encontrados em todos os poços estudados, 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15.

6. Conclusões

Os foraminíferos podem ser usados como marcadores de eventos de ressurgências, de níveis de máxima elevação do nível do mar, salinidade e temperatura, sendo um grupo importante para o conhecimento das alterações paleoclimáticas e paleoceanográficas ocorridas em nosso planeta.

Provavelmente uma série de fatores ambientais como variação do nível do mar, diminuição da oxigenação e mesmo correntes de fundo podem ter contribuído para que esses episódios de extinção associados aos OEA's tenham ocorrido na Bacia de Barreirinhas durante o Cretáceo.

Desta forma, com base nas informações obtidas dos poços analisados sugere-se que um Evento Anóxico de caráter local tenha ocorrido durante o Albiano superior registrado somente nos poços 1-MAS-3A e 1-MAS-4A, enquanto que o OEA 2 correlacionável mundialmente tenha sido registrado apenas no poço 1-MAS-15.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudos concedida, ao Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS pelo apoio recebido, a Ana Karina Scomazzon e aos colegas de trabalho pelo auxílio.

7. Referências

ANP. Agência Nacional do Petróleo. *Mapa de Localização da Bacia de Barreirinhas*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/barreirinhas.asp>>. Último acesso em 11 de janeiro de 2011.

Arthur, M.A., Jenkyns, H.C., Brumsack, H.J. & Schlanger, S.O. 1990. Stratigraphy, Geochemistry and Paleoceanography of Organic Carbon-rich Cretaceous Sequences. In: *Cretaceous Resources, Events and Rhythms* (eds) Ginsburg, R. N.; Beaudoin, B. Springer-Verlag, 304: 75-119.

- Brandão, J.A.S.L. & Feijó, F.J. 1994. Bacia do Pará–Maranhão. *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, 8(1): 101-102.
- Coccioni, R., Luciani, V. & Marsili, A. 2006. Cretaceous Oceanic Anoxic Events and Radially Elongated Chambered Planktonic Foraminifera: Paleocological and Paleoenvironmental Implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 235: 66-92.
- Condie, K.C. 2001. Continental growth during formation of Rodinia at 1.35-0.9 Ga. *Gondwana Research*, 4: 5-16.
- Douglas, W.W. 1983. Reappraisal of anoxia and organic richness, with emphasis on Cretaceous of North Atlantic. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 67(6): 963-978.
- El-Nakhal, H.A. 2002. Classification of the Meridionally Costellate Cretaceous Planktonic Foraminifera. *Journal of Micropaleontology*, 21(1): 1-8.
- Friedrich, O. 2009. Benthic Foraminifera and their Role to Decipher Paleoenvironment During Mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Events - The "Anoxic Benthic Foraminifera" Paradox. *Revue de Micropaléontologie*, 53(3): 175-192.
- Jenkins, D.G. & Murray, J.W. 1989. Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera. (2 ed.) p. 272-371.
- Keller, G. 2003. Biotic Effects of Impacts and Planetary Science Letters. *Department of Geosciences, Princeton University, Princeton, USA*, 215: 249-264.
- Kerr, A.C. 2005. Oceanic LIPs: The Kiss of Death. *Elements*, 1: 289-292.
- Koutsoukos, E.A.M., Mello, M.R., Azambuja Filho, N.C., Hart, M.B. & Maxwell, J.R. 1991. The upper Aptian-Albian succession of the Sergipe Basin, Brazil: palaeo-environmental assessment. *American Association of Petroleum Geologists*, 75: 479-498.
- Larson, R.L. 1991. Latest pulse of Earth: evidence for a mid-Cretaceous superplume. *Geology*, 19: 547-550.
- Leipnitz, I.I. & Aguiar, E.S. 2002. Foraminíferos Recentes e Fósseis. In: Dutra, T. L. (Ed) *Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas*. UNISINOS, 56p.
- Loeblich, A.R., Jr. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*. Van Nostrand Reinhold, New York. 1728p.
- Nadin, P.A., Kuszniir, N.J. & Cheadle, M.J. 1997. Early Tertiary plume uplift of the North Sea and Faeroe-Shetland basins. *Earth and Planetary Science Letters*, 148: 109-127.
- Pardo, A. & Keller, G. 2008. Biotic effects of environmental catastrophes at the end of the Cretaceous and early Tertiary: *Guembelitra* and *Heterohelix* blooms. *Cretaceous Research*, 29: 1058-1073.
- Trosdorf Junior, I., Zalán, P.V., Figueiredo, J. .P. & Soares, E.F. 2007. Bacia de Barreirinhas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 331-339.
- Venturati, A. 2006. Twin and Bilobated Chambered Cretaceous Planktonic Foraminifera: Abnormal Forms Induced by High Paleoenvironmental Stress?. *Geosciences*, p. 25-29.

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusões

Este trabalho foi desenvolvido visando à aquisição de maiores informações a respeito das espécies de foraminíferos mais representativas e com maior potencial bioestratigráfico na área de estudo, com especial atenção nos principais fósseis índices no intervalo Albiano superior - Campaniano superior. Buscou-se, também, sua aplicação na análise de informações paleoclimáticas, paleoecológicas e paleoceanográficas à época, principalmente na identificação de bioeventos que ocorreram no intervalo estudado, na tentativa de estabelecer correlações a nível regional e global.

Os fundamentos teóricos e a aplicação dos foraminíferos enquanto ferramenta de análise bioestratigráfica e paleoecológica das rochas sedimentares do intervalo albiano/cenomaniano da Bacia de Barreirinhas foram discutidos nos capítulos anteriores e nos artigos correspondentes aos resultados obtidos, apresentados ao longo do desenvolvimento do texto. Desta forma, nesse capítulo, são resgatadas resumidamente as principais contribuições científicas obtidas com esta tese em relação aos aspectos bioestratigráficos, paleoecológicos e paleoceanográficos e apontadas sugestões e recomendações aos trabalhos futuros.

7.1.1. Aspectos Bioestratigráficos

A principal contribuição bioestratigráfica obtida nesta tese foi o estabelecimento de sete biozonas de última ocorrência e de caráter local para o Cretáceo da Bacia de Barreirinhas. Destas, quatro são compostas por espécies de foraminíferos planctônicos e três, por foraminíferos bentônicos, sendo elas:

O Albiano superior foi reconhecido nos poços 1-MAS-4A, 1-MAS-3A e 1-MAS-15 com base nas zonas *Ticinella primula* Lauterbacher (1963) e *Lingulogavelinella albiensis* Malapris (1965)-*Gyroidina bandyi* Trujillo (1960).

O Cenomaniano inferior foi identificado nos poços 1-MAS-4A, 1-MAS-3A, 1-MAS-15, 1-MAS-14 e 1-MAS-1, com base nas zonas *Globigerinelloides bentonensis* Morrow (1934) e *Coronorotalites aptiensis* Bettenstaedt (1952). Esta é a zona mais importante identificada neste estudo, uma vez que está presente em todos os poços estudados, possibilitando sua correlação lateral.

O Cenomaniano superior foi identificado nos poços 1-MAS-4A e 1-MAS-15 com base nas zonas *Rotalipora appeninica* Renz (1936) e *Gavelinella intermedia* Berthelin (1880).

O Campaniano superior foi reconhecido somente no poço 1-MAS-3A, com base na zona *Heterohelix pulchra* Brotzen (1936). Isto provavelmente se deve ao fato de que nos poços 1-MAS-4A e 1-MAS-15 não estavam disponíveis para análise os horizontes estratigráficos mais superiores e correlatos lateralmente a estes de onde foram obtidos os foraminíferos índice do Campaniano. Também, nos poços 1-MAS-14 e 1-MAS-1, seu posicionamento mais distal e profundo não favoreceu a preservação das espécies de foraminíferos índices para este andar, impossibilitando seu estabelecimento nestes poços, através da bioestratigrafia com base nestes *taxa*.

7.1.2. Aspectos Paleoecológicos

Considerando a aplicação dos foraminíferos enquanto ferramenta de análise paleoambiental foram duas as principais contribuições nesta tese: foi possível traçar a CCD (*Carbonate Compensation Depth*) nos poços e separá-los em distais e proximais com base na influencia de águas continentais e profundidade da lâmina d'água estimada.

De uma maneira geral, a fauna de foraminíferos recuperada consiste em espécies de planctônicos com baixa diversidade e grande abundância, ocorrendo também menos diversos bentônicos e raros aglutinantes, associados à deposição abaixo da zona de CCD. O predomínio de tecas planctônicas associadas a uma representação escassa de bentônicos indica que o ambiente deposicional variava de nerítico a batial superior.

Poços Distais

Os poços 1-MAS-1 e 1-MAS-14 representam deposição em áreas mais distais da bacia, uma vez que o conteúdo de foraminíferos planctônicos mostra uma assembléia composta por formas globosas, mais resistentes a dissolução e relacionadas à proximidade com a zona de CCD. A mudança na composição faunística, com a presença mais significativa de formas bentônicas aglutinantes nos níveis estratigráficos superiores indica que essa zona de CCD elevou-se durante o Cenomaniano médio-superior.

Nestes poços, o predomínio de espécimes planctônicos em relação aos bentônicos sugere um ambiente deposicional de águas mais profundas durante o Cenomaniano inferior. Durante o Cenomaniano médio-superior, a ausência de tecas calcárias de planctônicos e bentônicos, associada à ocorrência exclusiva de foraminíferos bentônicos aglutinantes de sílica, indica completa dissolução da calcita e deposição destes microfósseis abaixo da linha de CCD.

Poços Proximais

Os poços 1-MAS-3A, 1-MAS-4A e 1-MAS-15 têm seus sedimentos provavelmente depositados em uma área mais proximal da bacia, sofrendo maior influência continental, uma vez que nestes foram identificadas espécies pertencentes à Superfamília Miliolina, diagnósticas de ambientes marinhos transitacionais.

Nestes poços, o aumento na quantidade de espécies durante o Albiano superior em relação aos demais andares está relacionado com o estabelecimento de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos foraminíferos neste andar.

Destaca-se a ocorrência de Miliolídeos a partir do Cenomaniano inferior até o Cenomaniano superior, apoiando a maior influência dos ambientes proximais na gênese destes depósitos. Nos horizontes do Campaniano superior, registrados exclusivamente no poço 1-MAS-3A, a associação faunística de foraminíferos demonstra um predomínio da fauna planctônica em relação à bentônica e as espécies pertencentes à Superfamília Miliolina, mais uma vez, apóiam a influência continental.

De uma maneira geral, os dados paleoambientais interpretados com base nas mudanças nas associações de foraminíferos identificadas nos poços mais distais indicam que houve uma variação da zona de CCD entre o Albiano superior/Cenomaniano inferior e o Cenomaniano superior/Campaniano superior. Esta variação da zona de CCD possivelmente resultou de um evento de subida do nível do mar e que deve estar relacionado às transgressões marinhas associadas à abertura do Oceano Atlântico Equatorial na época. Da mesma forma, nos poços mais proximais, o aumento na quantidade de espécies durante o Albiano superior em relação aos demais andares está ligado ao estabelecimento de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos foraminíferos neste período e estas, por sua vez, podem ter relação com esse evento transgressivo global.

Além do exposto acima, a identificação do aumento no influxo sedimentar no material estudado, com base nas litologias observadas, reforça a caracterização de uma tendência geral transgressiva nesta bacia, consequência das variações climáticas de quente e seco para úmido, ocorridas ao longo do Período Cretáceo e relacionadas à abertura do Oceano Atlântico Equatorial.

7.1.3. Aspectos Paleoceanográficos

A principal contribuição paleoceanográfica obtida nesta tese foi a identificação de dois Eventos Oceânicos Anóxicos na Bacia de Barreirinhas, utilizando-se foraminíferos planctônicos na sua caracterização. Destaca-se um Evento Anóxico de caráter local durante o Albiano superior e outro de caráter global durante o Cenomaniano superior e que pode ser correlacionável ao OEA 2 (*Oceanic Anoxic Event 2* - Evento Anóxico Oceânico 2).

Em termos gerais, a fauna de foraminíferos encontrada no material estudado apresenta adaptações morfológicas a condições de baixa oxigenação na coluna d'água, com câmaras alongadas nas espécies do gênero *Schakoina*, bilobadas em *Biticinella breggiensis* e costelas alinhadas meridionalmente nos *Globigerinelloides*, adaptações estas normalmente observadas durante os Eventos Oceânicos Anóxicos e aqui, de caráter diagnóstico na definição do evento anóxico local registrado durante o Albiano superior.

Da mesma forma, o aumento na abundância do gênero *Heterohelix* próximo ao limite Cenomaniano inferior/superior, associado à ocorrência de *Globigerinelloides* nestes horizontes, marca a presença do OEA 2, de caráter global, durante o Cenomaniano da Bacia de Barreirinhas.

7.2. Considerações finais, recomendações e sugestões aos trabalhos futuros

7.2.1. Considerações finais

Apesar de as biozonas propostas para a Bacia de Barreirinhas nesta tese terem por base a última ocorrência do táxon guia (LAD - *Last Appearance Datum*), esta metodologia não desqualifica a aplicação dos foraminíferos enquanto ferramentas de análise estratigráfica. Do contrário, demonstra que a utilização de amostras de calha visando objetivos bioestratigráficos é viável e perfeitamente aplicável, desde que respeitados os fatores limitantes, como o caso da possível contaminação por recirculação de sedimentos desabados das paredes do poço.

Os padrões de diversidade de espécies, a presença de diferentes famílias de foraminíferos, a relação entre espécies de planctônicos e bentônicos e as variações morfológicas por eles apresentados direcionaram a localização das faunas em termos de profundidade da lâmina d'água, o que qualifica esse grupo fóssil como ferramenta de grande utilidade para estudos paleoecológicos/paleoceanográficos, ao menos em caráter local.

Apesar de Eventos Anóxicos Oceânicos locais serem provavelmente causados por mudanças ambientais mais restritas e não ocorrerem como resultado de mudanças globais mais amplas registram variações ambientais importantes para a bacia em estudo e áreas próximas, permitindo o estabelecimento de correlações laterais, importantes no entendimento estratigráfico dos horizontes analisados. Desta forma, a utilização de assembléias de foraminíferos na identificação destes eventos se mostra uma viável ferramenta, permitindo o estabelecimento de correlações estratigráficas na escala de bacia sedimentar.

As conclusões obtidas nesta tese dizem respeito às particularidades do ambiente que caracterizou o cenário de deposição das rochas das seções estudadas, onde as variações ambientais, expressas pelas oscilações na lâmina d'água, são prontamente discerníveis pela análise das variações na composição das assembléias de foraminíferos obtidas. Portanto, as considerações bioestratigráficas, paleoecológicas e acerca dos eventos anóxicos globais obtidas para as seções do Cretáceo da Bacia de Barreirinhas, além de caracterizar os depósitos regionalmente, permitem sua correlação com depósitos contemporâneos de contextos deposicionais análogos ao estudado, em diferentes bacias sedimentares da margem equatorial brasileira.

Assim, o estudo de foraminíferos obtidos de amostras de calha atende as finalidades preconizadas no presente trabalho, expondo seu potencial enquanto ferramentas de análise bioestratigráfica e paleoecológica na seção cretácica da Bacia de Barreirinhas.

7.2.2. Recomendações e sugestões aos trabalhos futuros

Aqui serão apontadas as maiores limitações observadas na aplicação dos foraminíferos enquanto ferramentas de análise bioestratigráfica e paleoecológica e feitas recomendações no sentido de amenizar tais entraves no desenvolvimento de estudos subseqüentes.

Com relação à ausência de amostragem em horizontes estratigráficos que permitam o estabelecimento de correlações laterais entre os poços analisados, recomenda-se para trabalhos futuros um maior esforço na tentativa de explorar diferentes seções que permitam a correlação lateral dos estratos geneticamente relacionados, favorecendo o desenvolvimento de análises bioestratigráficas e correlações de biozonas mais precisas.

Tratando-se dos aspectos limitantes na aplicação dos foraminíferos planctônicos na bioestratigrafia destaca-se a vulnerabilidade de sua teca aos processos diagenéticos e o forte controle exercido pela temperatura na distribuição de diferentes *taxa*. Com relação à suscetibilidade das tecas a sofrer alteração ou destruição das feições diagnósticas externas, sugere-se que sejam utilizadas seções polidas nos espécimes alterados. Dessa forma, os indivíduos alterados podem ser identificados pelas características internas das tecas, normalmente menos afetadas pela diagênese.

Com relação à temperatura influenciando na distribuição dos *taxa*, análises da razão $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ e dos isótopos estáveis de carbono e oxigênio são sugeridas de forma a verificar o posicionamento do material dentro das curvas isotópicas para o Cretáceo, bem como na identificação de alterações significativas de temperatura dos níveis amostrados. Esses resultados podem, adicionalmente, ser confrontados com dados pré-existentes para o Cretáceo em outras bacias do Brasil e de diferentes partes do mundo no sentido de minimizar interpretações equivocadas.