

BIOESTRATIGRAFIA DOS NANOFÓSSEIS QUATERNÁRIOS DA BACIA DE CAMPOS

BIOSTRATIGRAPHY OF THE QUATERNARY NANNOFOSSILS OF THE CAMPOS BASIN

Rogério Loureiro Antunes¹

RESUMO - Estudos bioestratigráficos, com base em nanofósseis calcários de amostras provenientes da seção quaternária das bacias de Campos e Santos, permitiram o reconhecimento de sete intervalos bioestratigráficos. Tais intervalos (nomeados de A a G) encontram-se alicerçados, principalmente, em eventos biológicos de extinção, surgimento e predominância (zona de abundância) de taxa considerados cosmopolitas. Em face disso, quase todos os intervalos reconhecidos têm identidade com biozonas já descritas na literatura para esta faixa do tempo geológico, o que facilita sua correlação com unidades magnetoestratigráficas e a inferência de idades absolutas para seus limites. Contudo, o intervalo D não foi registrado consistentemente. Diante das observações feitas, é possível que um maior fatiamento da seção seja possível. Este detalhamento estaria respaldado principalmente, pelo surgimento de *Helicosphaera inversa* (no intervalo C) e *H. carteri* var. *wallichii* forma B (na base do intervalo F), e pela abundância de *H. carteri* s.l. (no intervalo G). Além destes, é possível, ainda, que outras subdivisões sejam delineadas, mediante investigações quantitativas. Contudo, tais subdivisões, que estariam fundamentadas em concentrações "anômalas" de determinadas espécies, teriam forte conotação ambiental. Este é o caso, por exemplo, das acentuadas variações de frequência absoluta de *Coccolithus pelagicus* detectadas, por enquanto, nos intervalos F e G. De acordo com a literatura, esta espécie tem maior proliferação durante as épocas glaciais.

(Originais recebidos em 06.10.93).

ABSTRACT - Seven biostratigraphic intervals have been identified through biostratigraphic studies based on calcareous nannofossils from samples of the Quaternary section of Campos and Santos basins. These intervals (named A to G) are based mainly on biological events such as extinction, first appearance, and prevalence (acme zone) of cosmopolitan taxa. In view of this, almost all recognized sections have an identity with colval biozones that have been described in the bibliography, making easier their correlation with magnetostratigraphic units and the inference of absolute ages. Nevertheless, interval D has not been consistently identified. According to what was observed it is possible to further divide the section. Such detailing would be based mainly on the appearance of *Helicosphaera inversa* (in interval C) and form B of *H. carteri* var. *wallichii* (at the base of interval F), and on the abundance of *H. carteri* s.l. (in interval G). It is possible that other subdivisions will be delineated through quantitative investigation. However, these would be based on "anomalous" concentrations of some species with strong environmental connotation. This is the case, for example, of sharp variations in the absolute frequency of *Coccolithus pelagicus* which, for the time being, have been detected in intervals F and G. According to the bibliography, this species attains maximum proliferation during glacial epochs.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

1 - INTRODUÇÃO

Os nanofósseis calcários têm sido amplamente utilizados, na PETROBRAS, para investigações bioestratigráficas em sedimentos marinhos de idade pós-alagoas. Como decorrência desta intensa utilização, conta-se, atualmente, com uma infinidade de contribuições científicas relativas a este grupo fóssil. Tais contribuições,

que objetivam tanto o estudo taxonômico quanto a elucidação de questões estratigráficas, abordam temas que, no tempo geológico, situam-se, principalmente, entre o Neo-cretáceo e o Terciário. O Período Quaternário, na maioria das vezes, tem sido comentado apenas sumariamente.

Com a descoberta dos vários campos de petróleo na Bacia de Campos, a PETROBRAS obteve, conti-

1- Setor de Bioestratigrafia e Paleoecologia (SEBIPE), Divisão de Exploração (DIVEX), Centro de Pesquisas (CENPES), Cidade Universitária, Quadra 7, Ilha do Fundão, CEP 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

nuamente ao longo dos anos, amostras do assoalho marinho dessa bacia. Diante deste acervo de amostras e da carência de pesquisas relativas ao Período Quaternário, o Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) resolveu desenvolver estudos bioestratigráficos e paleoambientais, com base em nanofósseis, na seção aflorante/subaflorante da Bacia de Campos, com vistas a estender seu conhecimento geológico até o Recente.

É apresentado e discutido, aqui, um arcabouço bioestratigráfico preliminar para a seção quaternária da Bacia de Campos (fig. 1) baseado em nanofósseis calcários.

aos aspectos bioestratigráficos, dos trabalhos de Antunes (1992a, b e 1993). Nas pesquisas referentes ao Cenozóico, o Quaternário comumente é abordado sob um aspecto bastante genérico. No zoneamento bioestratigráfico de Richter *et al.* (1993), desenvolvido após décadas de estudo, o Quaternário é evidenciado pelas zonas *Pseudoemiliana lacunosa* (código N-710) e *Gephyrocapsa oceanica* (N-720). Especificamente para a Bacia de Santos, Gonçalves (1989) associa o Quaternário à superzona *Gephyrocapsa* spp., sendo esta dividida em duas zonas (*Pseudoemiliana lacunosa* e *Gephyrocapsa oceanica*) e três subzonas (*Calcidiscus macyntirei*, *Gephyrocapsa caribbeana* e

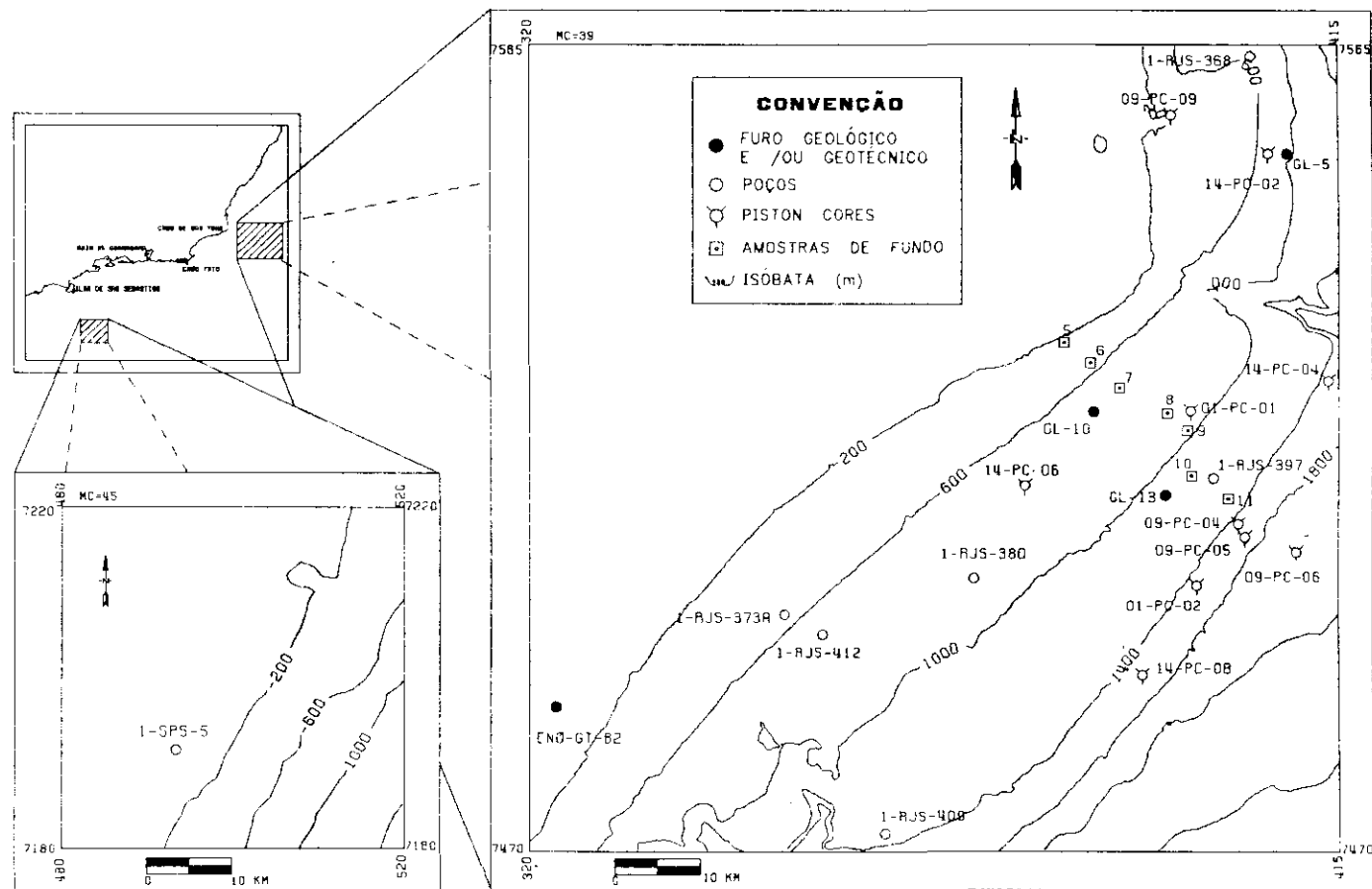


Fig. 1 - Localização do material investigado.
Fig. 1 - Investigated material location.

2 - TRABALHOS ANTERIORES

No cenário brasileiro, quase não há pesquisas publicadas referentes à nanoflora quaternária, podendo-se citar, como exceção, a breve comunicação de Antunes (1991), além de dados inéditos em relatórios internos da PETROBRAS (Antunes 1992a, b e 1993; Grassi, 1993). Apresenta-se aqui, portanto, uma síntese, no que concerne

Crenalithus doronicoides). A biounidade *P. lacunosa*, com suas três subzonas, que nem sempre têm fácil identificação, seriam características da parte inferior do Pleistoceno.

Por outro lado, em outras regiões do globo, os nanofósseis quaternários têm sido alvo de pesquisas detalhadas, tanto no que se refere à paleoecologia/ecologia quanto à bioestratigrafia. Como exemplos de trabalhos clássicos e/ou recentes, podem ser mencionados, entre

outros, aqueles de McIntyre (1967), McIntyre e Bé (1967), Gartner (1972; 1973; 1977; 1988), Thierstein *et al.* (1977), Takayama e Sato (1987) e Young (1991). Destes, os mais importantes em termos bioestratigráficos, e que serviram de esteio para a elaboração do presente zoneamento, são os de Gartner (1977) e Young (1991). No primeiro, o autor, com base em amostras colhidas em várias regiões do planeta e sintetizando todo o conhecimento então disponível, estabeleceu um zoneamento bioestratigráfico composto por sete biozonas, sendo quase todas identificáveis apenas com o auxílio do microscópio óptico. O segundo sumariza os principais eventos biológicos utilizados por vários pesquisadores para o fatiamento da seção Pleistoceno/Holoceno.

furros geotécnicos e/ou geológicos (testemunhagem contínua) e testemunhos de poços exploratórios. O espaçamento vertical de coleta, nas seções testemunhadas, não obedeceu a um intervalo predeterminado, sendo ditado principalmente pela necessidade de esclarecimento de certas dúvidas geológicas. Contudo, houve casos de coleta regular a cada 30 cm (*piston cores*) e a cada 1,0 m (furros geológicos). O intervalo mais superior do poço 1-SPS-5, da Bacia de Santos, foi investigado com o objetivo de complementar a abrangência cronoestratigráfica da seção quaternária. Na figura 1, pode ser vista a localização de todo material investigado.

A análise do conteúdo nanofossilífero observado nos sedimentos deu-se de modo distinto. Nas amostras de

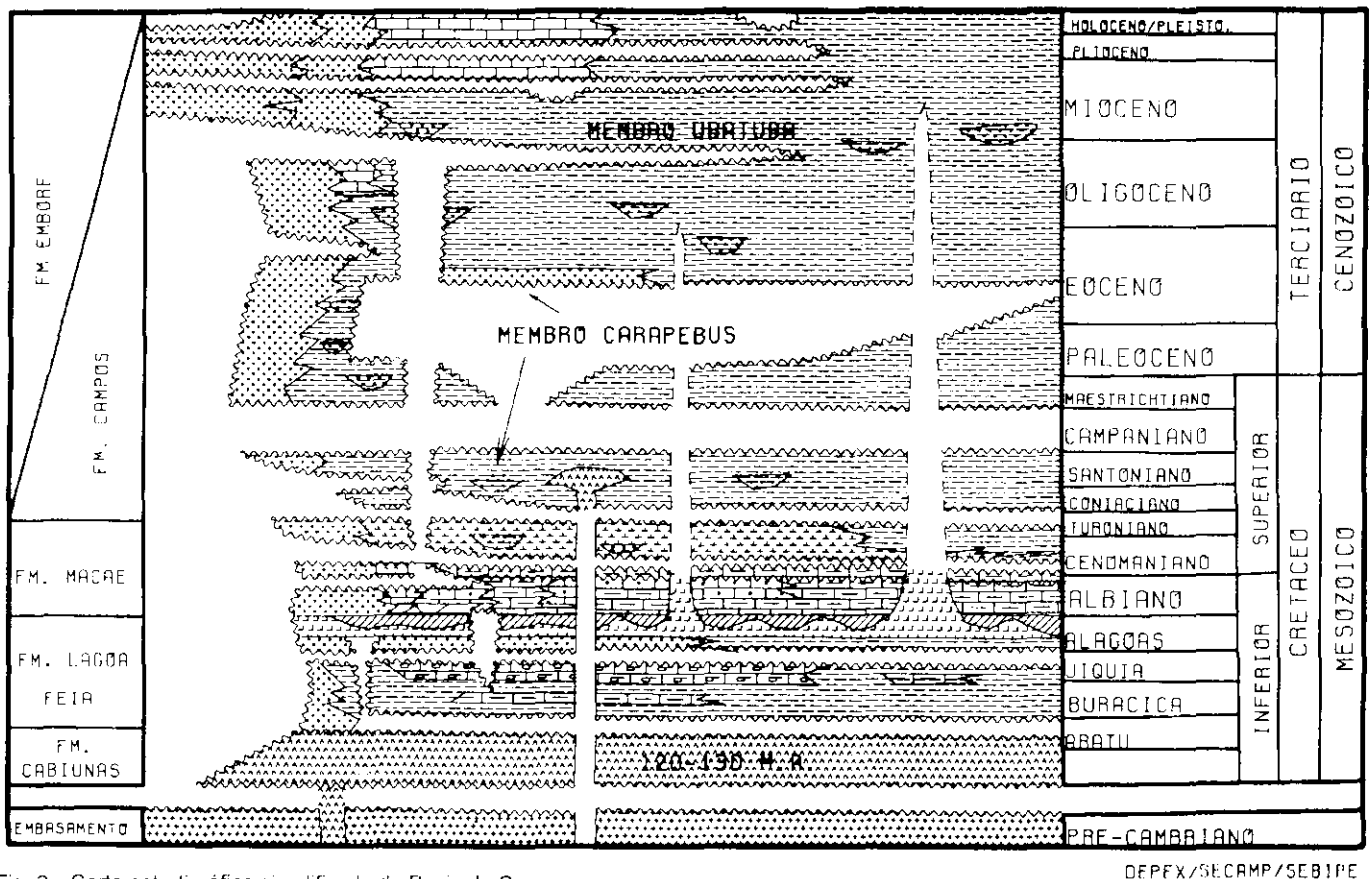


Fig. 2 - Carta estratigráfica simplificada da Bacia de Campos.
Fig. 2 - Simplified stratigraphic chart, Campos Basin.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do arcabouço, foram investigadas numerosas lâminas provenientes de vários tipos de amostras colhidas nas bacias de Campos e Santos (fig. 1). Litologicamente, tais amostras são constituídas principalmente por pelitos do Membro Ubatuba da Formação Campos (fig. 2). Na verdade, o material analisado foi retirado de amostras de fundo, amostras de calha, *piston cores*,

calha, de fundo, *piston cores* e testemunhos de poços exploratórios as descrições foram feitas qualitativamente. Naquelas provenientes dos furros geológicos (BU-91-GL-05, BU-91-GL-10 e BU-91-GL-13, Antunes, 1992b e 1993), as investigações tiveram um caráter quantitativo, uma vez que também se buscaram interpretações paleoambientais. Neste material, as estimativas de frequência absoluta de várias espécies foram feitas tomando-se, como referência, a observação de, aproximadamente, 300 campos de visão

(um campo de visão é a menor fração da lâmina observável ao microscópico óptico). Contudo, os resultados obtidos não são totalmente apresentados aqui.

É interessante registrar que todo o estudo foi conduzido apenas com emprego do microscópio óptico com luz polarizada (M.O., aumento máximo de 1 250 X), uma vez que, nos trabalhos relativos à nanoflora do Quaternário, é comum a utilização do microscópio eletrônico de varredura (M.E.V.). Este microscópio permite a observação tridimensional dos nanolitos com aumentos maiores, viabilizando detalhadas descrições taxonômicas, o que possibilita, por vezes, um maior refinamento bioestratigráfico.

Fotomicrografias das principais espécies podem ser vistas nas estampas de 1 a 3.

em relação às informações magnetoestratigráficas. As idades absolutas atribuídas aos intervalos foram extraídas principalmente de Young (1991). O mesmo pode ser dito quanto às unidades magnetoestratigráficas.

Preferiu-se a denominação informal de "intervalos bioestratigráficos" a biozonas, uma vez que nem todas as unidades foram efetivamente constatadas na atual fase dos estudos (fig. 4). Entretanto, acredita-se que, com o desenvolver das pesquisas, todos os biorizontes que as caracterizam serão observados. Isto porque tais *data* têm, quase sempre, identidade com aqueles de Gartner (1977), cujas biozonas já foram identificadas em várias regiões do Planeta. Além disso, estes biorizontes estão relacionados a espécies consideradas cosmopolitas, observadas, com

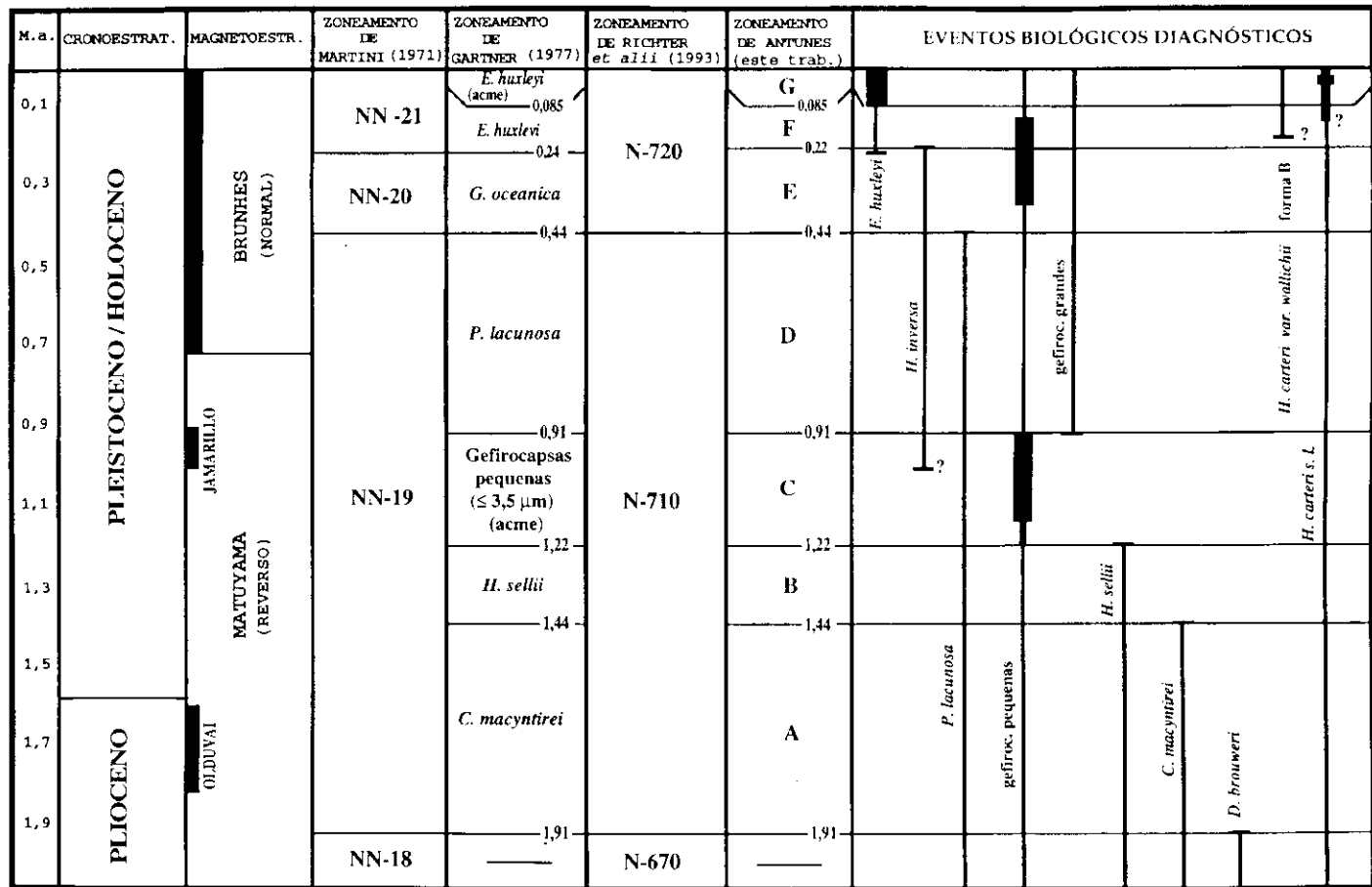


Fig. 3 - Arcabouço bioestratigráfico proposto e correlação com outros zoneamentos.

Fig. 3 - Proposed biostratigraphic framework and correlation with other zonations.

4 - ARCABOUÇO BIOESTRATIGRÁFICO

A seguir, são descritos os intervalos bioestratigráficos propostos. Na figura 3, ilustram-se os intervalos e sua correlação com os zoneamentos de Martini (1971), de Gartner (1977) e da PETROBRAS (Richter *et al.* 1993). Ilustram-se, também, as idades absolutas dos eventos que os limitam, bem como o posicionamento de cada um deles

boa expressão, nas amostras investigadas.

4.1 - Intervalo Bioestratigráfico A

Situa-se entre as últimas ocorrências de *Discoaster brouweri* (estampa 1, fig. 1) e *Calcidiscus macyntirei* (estampa 1, fig. 2).

Observações:

- a) o intervalo A tem identidade com a Zona *Calcidiscus macyntirei* de Gartner (1977), indica a parte terminal do Plioceno e o início do Pleistoceno, e situa-se no interior da unidade magnetoestratigráfica Matuyama (fig. 3);
- b) a anomalia geomagnética Olduvai, de idade neopliocênica, situa-se na parte inferior do intervalo A;
- c) segundo Young (1991), a espécie *Gephyrocapsa caribbeanica* teria a primeira ocorrência em um nível estratigráfico compreendido pelo intervalo A se confirmar este fato, é possível que o mesmo seja futuramente subdividido;
- d) até o momento, o intervalo A não foi identificado nas amostras da Bacia de Campos. Contudo, no poço 1- SPS - 5, que encerra uma seção quaternária com mais de 1 000 m de espessura (Antunes, 1990), pôde-se reconhecê-lo entre as profundidades de 1 140 m e 840 m (fig.4);
- e) nas amostras pertencentes a este intervalo, constatou-se que a espécie diagnóstica ocorre com frequência expressiva, o que facilita a identificação do mesmo;
- f) utilizando-se os conceitos de Rio (1982) e Young (1991), acredita-se que o testemunho número 1 (1 020 - 1 025 m) do poço 1-SPS-5 pertença à parte inferior do intervalo A. Isto porque não foi observado qualquer exemplar de *Gephyrocapsa caribbeanica sensu* Rio

(1982). Para este autor, *G. caribbeanica s.l.* seriam todas aquelas geirocapsas portadoras de pequena abertura central freqüentemente preenchida por uma barra ou crista, com dimensões entre 3,5 µm e 5,5 µm (ver item 7). De acordo com estas características, os exemplares de *G. caribbeanica s.l.* deveriam ter aparência bastante semelhante àquele ilustrado na estampa 2 (fig. 2).

4.2 - Intervalo Bioestratigráfico B

Situa-se entre as últimas ocorrências de *Calcidiscus macyntirei* e *Helicosphaera sellii* (estampa 2, fig.6).

Observações:

- a) o intervalo B tem identidade com a Zona *Helicosphaera sellii* de Gartner (1977), é de idade eopleistocênica e situa-se no interior da unidade magnetoestratigráfica Matuyama (fig. 3);
- b) até o momento, não foi identificado nas amostras da Bacia de Campos. Recorrendo-se novamente ao poço 1 - SPS - 5, pôde-se reconhecê-lo entre as profundidades 840 m e 600 m (fig 4);
- c) nas amostras investigadas do intervalo B, *Helicosphaera sellii* tem frequência relativamente alta, o que facilita sua identificação.

MATERIAL ANALISADO INTERVALO	1-SPS-5	1-RJS-368	1-RJS-373A	1-RJS-380	1-RJS-397	1-RJS-409	1-RJS-412	1-PC-01	1-PC-02	9-PC-04	9-PC-05	9-PC-06	9-PC-09	14-PC-04	14-PC-06	14-PC-08	AM. FUNDO	ENO-B2	BU-91-GL-5	BU-91-GL10	BU-91-GL-13	
G																						
F																						
E																						
D																		?				
C																						
B																						
A																						

Fig. 4 - Intervalos bioestratigráficos identificados nos piston cores, poços, furos geotécnicos e/ou geológicos e amostras de fundo.
Fig. 4 - Biostratigraphic intervals identified in the piston cores, wells, geotechnical and/or geological holes and bottom samples.

4.3 - Intervalo Bioestratigráfico C

Compreendido entre a última ocorrência de *Helicosphaera sellii* e o último nível de dominância de espécies pequenas (menores que 3,5 μm) do gênero *Gephyrocapsa* (estampa 2, figs. 1 e 2)

Observações:

- a) o intervalo C tem coincidência com a zona de abundância de gefirocapsas pequenas de Gartner (1977) e é de idade mesopleistocênica (fig. 3);
- b) situa-se totalmente no interior da unidade magnetoestratigráfica Matuyama, e seu limite superior tem equivalência estratigráfica aproximada com o topo da anomalia geomagnética Jamarillo, situando-se, segundo Young (1991), um pouco abaixo desta;
- c) Young (1991) postula a presença de uma unidade bioestratigráfica na porção basal do intervalo C. Esta unidade seria limitada, na base, pela última ocorrência de *Helicosphaera sellii* e, no topo, pelo nível de extinção de *Gephyrocapsa caribbeanica*. A se confirmar a extinção de *G. caribbeanica* no nível suposto por Young (1991), é possível que o intervalo seja subdividido. Contudo, a mencionada espécie apresenta problemas de conceituação taxonômica (ver item 7);
- d) ainda de acordo com Young (1991), a espécie *Gephyrocapsa omega* teria surgido em um nível estratigráfico coincidente com o topo do intervalo C. Esta parece ser uma hipótese viável, uma vez que espécimens semelhantes a *G. omega* (exemplares com dimensões maiores ou iguais a 6 μm , estampa 2, figs. de 3 a 5) não foram registrados nas amostras pertencentes aos intervalos A, B e C;
- e) com base nas análises efetuadas, acredita-se que a espécie *Helicosphaera inversa* (estampa 3, fig. 1) tenha a primeira ocorrência no interior do intervalo C, o que também é sugerido por Young (1991). Esta informação é contrária ao verificado por Matsuoka e Okada (1989). Segundo esses autores, a primeira ocorrência de *H. inversa* situar-se-ia na Zona *Pseudoemiliana lacunosa* de Gartner (1977), acima, portanto, do intervalo bioestratigráfico em questão;
- f) pelo menos, parte do intervalo C foi reconhecida nos poços 1-RJS-368 (154-93,5 m) e 1-RJS-397 (86-63 m), e nos *piston cores* SG91-9-PC-04 (275-120 cm), SG91-14-PC-4 (400-175 cm) e SG91-14-PC-08 (390-185 cm) (fig. 4);
- g) a dominância de gefirocapsas pequenas é um fenômeno que se dá gradativamente, da base para o topo do intervalo. Em sua porção inferior, as gefirocapsas apresentam uma predominância mais discreta e, em geral, são da ordem de 2,5 μm de diâmetro (*piston cores* SG91-9-PC-04 e SG91-14-PC-04). Na parte superior, a predominância é absoluta e os exemplares, em grande maioria, apresentam diâmetros da ordem de 3,5 μm (*piston cores* SG91-14-PC-08 e poço 1-RJS-397). No

poço 1-RJS-368, a parte basal do intervalo situa-se entre as profundidades de 154 m e 122 m e a parte superior entre 122 m e 93,5 m;

- h) de acordo com Gartner (1988), a zona de abundância de gefirocapsas pequenas reflete uma época de maior produtividade orgânica dos oceanos durante o mesopleistoceno. Segundo este autor, a alta produtividade seria o resultado de uma acentuada mudança no padrão vertical de circulação dos oceanos. Esta mudança estaria relacionada à migração de águas densas do Oceano Ártico para as baixas latitudes, o que provocaria uma queda na temperatura superficial das águas com o concomitante aumento da disponibilidade de nutrientes. Para Matsuoka e Okada (1989), o *bloom* de gefirocapsas pequenas não seria necessariamente um evento global. De acordo com estes autores, as gefirocapsas pequenas deveriam ser vistas como elemento oportunístico da nanoflora, e sua dominância durante o mesopleistoceno poderia refletir um fenômeno oceanográfico tal como a intensificação de zonas de *upwelling*;
- i) segundo Gartner (1977), o limite superior da zona de abundância de gefirocapsas pequenas (coincidente com o topo do intervalo C) é bem definido pelo término abrupto da dominância destas gefirocapsas. Gartner (*op.cit.*) também comenta que o início da predominância das gefirocapsas tem caráter gradativo.

4.4 - Intervalo Bioestratigráfico D

Situa-se entre o último nível de dominância de exemplares pequenos do gênero *Gephyrocapsa* e a última ocorrência de *Pseudoemiliana lacunosa* (estampa 1, fig. 3).

Observações:

- a) o intervalo tem identidade com a Zona *Pseudoemiliana lacunosa* de Gartner (1977) e é de idade mesopleistocênica (fig. 3);
- b) de acordo com as correlações estabelecidas, a parte inferior do intervalo situa-se na porção superior da unidade magnetoestratigráfica Matuyama; a parte superior, por outro lado, localiza-se no início da Época Brunhes;
- c) o intervalo D foi reconhecido, questionavelmente, na perfuração ENO-B2, a 160 m de profundidade (fig. 4). Em face do registro não consistente, algumas dúvidas poderiam ser suscitadas quanto ao reconhecimento de sua ocorrência na Bacia de Campos. Contudo, tende-se a acreditar que o não-registro do intervalo deve-se, provavelmente, à deficiência de amostragem e à atuação de episódios erosivos.

Como pode ser visto na figura 4, além do furo geotécnico ENO-B2, apenas mais cinco poços e/ou *piston cores* teriam a possibilidade de amostrar

sedimentos do intervalo D. Isto porque tais perfurações testemunharam, concomitantemente, estratos mais novos e mais antigos do que o citado intervalo. Contudo, a amostragem foi considerada precária. Na sondagem ENO-B2, foram investigadas três amostras (uma para cada intervalo bioestratigráfico reconhecido). Nos poços 1-RJS-368 e 1-RJS-397, o espaçamento entre as amostras foi da ordem de 10 m. O poço 1-SPS-5 não foi considerado porque a amostragem é do tipo calha, o que poderia causar dificuldades na distinção entre os intervalos C e D.

O hiato verificado nos *piston cores* SG91-9-PC-04, SG91-14-PL-04 e SG91-14-PC-08, provavelmente, tem relação com os eventos erosivos postulados por Kowmann e Viana (1992). Combinando informações bioestratigráficas, litofaciológicas e sísmicas, estes autores concluíram que, durante o Pleistoceno, vários deslizamentos teriam ocorrido em parte do talude da Bacia de Campos;

d) poder-se-ia pensar que a distinção entre os intervalos D e base do C só se faria mediante a presença da parte superior deste último. Isto porque as unidades envolvidas teriam, aparentemente, associações fossilíferas diagnósticas bastante semelhantes (gefirocapsas pequenas e *Pseudoemiliana lacunosa*). Entretanto, a ocorrência de exemplares grandes de gefirocapsas ($\geq 6 \mu\text{m}$) parece ser um parâmetro utilizável na distinção entre ambos. Segundo Young (1991), a espécie *Gephyrocapsa omega*, incluída aqui entre os exemplares grandes de gefirocapsas, teria o surgimento num nível estratigráfico muito próximo à base do intervalo D. Como mencionado, exemplares grandes de gefirocapsa não foram observados nos intervalos sotopostos ao D, mas só naqueles que o recobrem (E, F e G). É interessante registrar que, segundo Young (1991), *G. omega* ter-se-ia extinto no topo da Zona *Pseudoemiliana lacunosa* de Gartner (1977).

4.5 - Intervalo Bioestratigráfico E

Compreendido entre a última ocorrência de *Pseudoemiliana lacunosa* e a última ocorrência de *Helicosphaera inversa* (estampa 3, fig. 1).

Observações:

a) o presente intervalo tem coincidência apenas parcial com a Zona *Gephyrocapsa oceanica* (NN-20) de Martini (1971) e Gartner (1977) (fig.3). Sua base é indicada pelo mesmo *datum* utilizado pelos mencionados autores. Seu topo, porém, tem definição diferente. O limite superior da Zona *G. oceanica* é evidenciado pelo surgimento de *Emiliana huxleyi* (estampa 1, fig. 4), uma espécie com identificação problemática ao M.O., principalmente quando se trata de sua primeira ocorrência. Em função

desta dificuldade, preferiu-se balizar o topo do intervalo E pelo nível de extinção local de *Helicosphaera inversa*, espécie facilmente identificável sob este tipo de microscópio;

- b) o intervalo E é de idade neopleistocênica e se situa totalmente no interior da unidade magnetoestratigráfica Brunhes;
- c) de acordo com Young (1991), na parte superior da Zona *Gephyrocapsa oceanica*, observa-se a recorrência da dominância de gefirocapsas pequenas, fenômeno também verificado nas amostras pertencentes ao intervalo E;
- d) a ausência de *Pseudoemiliana lacunosa*, aliada à presença de exemplares maiores de gefirocapsas, constitui-se em um fator que impossibilita a sua confusão com a parte superior do intervalo C;
- e) o intervalo E foi observado, pelo menos parcialmente, nos poços 1-RJS-368 (93,5-65 m), 1-RJS-380 (profundidade 72,5 m), 1-RJS-397 (53-43 m) e 1-RJS-412 (profundidade 90 m), no furo geotécnico ENO-B2 (profundidade 64 m) e no furo geológico BU-91-GL-13 (122,9 - 78,0 m) (fig. 4). Neste último, entretanto, a presença de *Helicosphaera inversa*, no intervalo 107,0 - 78,0 m, é rara e inconstante. Assim, não ficou claro se estas ocorrências encontram-se *in situ* ou se refletem a atuação de fenômenos de retrabalhamento. Afinal, a descrição litofaciológica dos terrigenos atravessados por esta perfuração assinala, para esta faixa, diversos níveis com estrutura do tipo *slump*, o que assegura a movimentação e o deslizamento de sedimentos (Caddah *et al.* 1992). Contudo, resolveu-se atribuir, questionavelmente, para a seção 107,0-78,0 m, o Intervalo Bioestratigráfico E. Abaixo de 107,0 m e até a profundidade final (122,9 m), entretanto, não há qualquer dúvida de que os sedimentos pertençam a este intervalo.

4.6 - Intervalo Bioestratigráfico F

Compreendido entre a última ocorrência de *Helicosphaera inversa* e o nível mais inferior de dominância de *Emiliana huxleyi* (estampa 1, fig. 4).

Observações:

- a) a identidade do intervalo F com a Zona *Emiliana huxleyi* de Gartner (1977) é apenas parcial. Isto porque, como referido acima, a base dessas unidades bioestratigráficas tem definições diferentes (fig.3);
- b) o intervalo é de idade neopleistocênica e se situa no interior da unidade magnetoestratigráfica Brunhes;
- c) de acordo com Young (1991), a parte inferior da Zona *Emiliana huxleyi*, que tem aproximadamente coincidência estratigráfica com a base do intervalo F, é caracterizada pela dominância de gefirocapsas pequenas. Nas amostras investigadas, foi verificado que

as geirocapsas são sempre os elementos dominantes da nanoflora e, na parte superior do intervalo, predominam os exemplares grandes;

- d) o intervalo foi reconhecido nos poços 1-RJS-368 (65 - 4 m), 1-RJS-373A (36,5 - 11 m), 1-RJS-380 (72,5 - 6 m), 1-RJS-397 (27 - 6 m) e 1-RJS-412 (90 - 39 m), nos *piston cores* SG90-1-PC-02 (200 - 100 cm), SG91-9-PC-05 (120 - 65 cm), SG91-9-PC-06 (325 - 85 cm) e SG91-9-PC-09 (150 - 35 cm), no furo geotécnico ENO-B2 (64,0 m), e nos furos geológicos BU-91-GL-5 (149,0 - 69,0 m), BU-91-GL-10 (75,0 - 46,0 m) e BU-91-GL-13 (78,0 - 6,0 m) (fig. 4);
- e) foi verificado que a espécie *Coccolithus pelagicus* (estampa 1, fig. 5) apresenta acentuada variação de frequência, ao longo das seções analisadas;
- f) a abundância e a ocorrência dos nanofósseis observados nas amostras deste intervalo são extremamente variáveis. No poço 1-RJS-368 e nos três furos geológicos, por exemplo, as amostras apresentam, em geral, poucos nanofósseis e muito material siliciclástico, o que sugere alta taxa de sedimentação. Nos demais poços e *piston cores*, a quantidade de nanofósseis aumenta substancialmente. No *piston core* SG91-9-PC-06 é marcante a ocorrência de nanofósseis retrabalhados, provenientes de depósitos mio-pliocênicos (zonas N-630 e N-670; Richter *et al.* 1993). A este propósito, no furo BU-91-GL-13, segundo Caddah *et al.* (1992), grande parte dos sedimentos do intervalo F são caracterizados como depósitos de escorregamento. Na verdade, provavelmente, estas constatações refletem o posicionamento do local amostrado em relação à paleofisiografia da bacia e/ou alguma peculiaridade relativa à época de sua deposição. O poço 1-RJS-368 e os três furos geológicos encontram-se na parte intermediária a superior do talude, local que favorece uma taxa de sedimentação expressiva. A abundante quantidade de nanofósseis retrabalhados registrada no SG91-9-PC-06 também é resultado de seu posicionamento fisiográfico. Situado na parte inferior do talude, este *piston core* amostrou depósitos provenientes do escorregamento da seção neogênica devido à atuação de episódios erosivos (Kowsmann e Viana, 1992).

4.7 - Intervalo Bioestratigráfico G

Localiza-se acima do nível de dominância de *Emiliana huxleyi*.

Observações:

- a) o intervalo tem coincidência com a zona de abundância de *Emiliana huxleyi* de Gartner (1977) (fig. 3);
- d) é de idade neopleistocênica a holocênica e encontra-se totalmente compreendido pela Cronozona Brunhes;

- c) a identificação da base do intervalo G é relativamente fácil. Enquanto verifica-se, qualitativamente, aumento do número de exemplares de *Emiliana huxleyi*, percebe-se, concomitantemente, um decréscimo no número de espécimens do gênero *Gephyrocapsa*. Os exemplares de *E. huxleyi* são também de maior porte, possuindo o eixo maior do cocólito cerca de 4 μm (estampa 1, fig. 4);
- d) apesar da relativa facilidade de identificação, existe certa subjetividade na demarcação do limite entre os intervalos F e G, que se torna ainda maior em seções proximais e/ou com acentuada taxa de sedimentação. De acordo com Okada e Honjo (1975), em mares marginais, as assembleias nanoplanctônicas atuais encerram baixas percentagens de *Emiliana huxleyi*. A este propósito, Wang e Samtleben (1984) reconheceram, em sedimentos superficiais do Mar da China, que a predominância de *E. huxleyi* na tanatocenose aumenta costa afora. Em contrapartida, nas regiões proximais, onde a sedimentação é mais efetiva, *E. huxleyi* é tão abundante quanto *Gephyrocapsa oceanica*;
- e) Perch-Nielsen (1985), citando Cepek, informa que o desaparecimento de *Pontosphaera indoceanica* (estampa 1, fig. 6) demarcaria um *datum* holocênico (porção mais superior do intervalo G imediatamente sobreposto ao contato entre as associações de foraminíferos consideradas de águas frias e aquelas características de águas tépidas. Deste modo, a mencionada espécie não deveria ter representantes no fitoplâncton atual. Nos furos geológicos investigados, constatou-se que *P. indoceanica* ocorre nas amostras mais superiores, sendo registrada no atual fundo oceânico. Deste modo, ao que as evidências indicam, a utilização da última ocorrência da mencionada espécie, para o fatiamento do intervalo G, não encontra respaldo nas investigações efetuadas;
- f) o intervalo foi amplamente amostrado por todos os *piston cores* colhidos, pelos poços 1-RJS-373A (11 - 0 m), 1-RJS-380 (6 - 0 m), 1-RJS-409 (amostras superficiais) e 1-RJS-412 (39 - 0 m) e pelos furos geológicos BU-91-GL-5 (69,0 - 0,0 m), BU-91-GL-10 (46,0 - 0,0 m) e BU-91-GL-13 (6,0 - 0,0 m). As amostras de fundo investigadas também revelaram uma associação nanoflorística diagnóstica do intervalo em questão (fig. 4);
- g) neste intervalo, verificou-se que a espécie *Coccolithus pelagicus* apresenta significativas variações de frequência.

5 - SINCRONISMO E DIACRONISMO DOS EVENTOS BIOLÓGICOS QUE CARACTERIZAM OS INTERVALOS BIOESTRATIGRÁFICOS

A atribuição de uma idade absoluta para um evento geológico ou biológico é feita levando-se em consideração

TABELA I / TABLE I
IDADES ABSOLUTAS (MILHÕES DE ANOS) ATRIBUÍDAS POR DIVERSOS AUTORES AOS
EVENTOS BIOLÓGICOS UTILIZADOS
ABSOLUTE AGES (MILLION YEARS) ASSIGNED BY SEVERAL AUTHORS TO THE
BIOLOGICAL EVENTS THAT WERE USED

EVENTO BIOLÓGICO		AUTORES						MAIORES
		Thierstein et al. (1977)	Gartner (1977)	Backman e Shackleton (1983)	Takayama e Sato (1987)	Matsuoka e Okada (1989)	Young (1991)	DIFERENÇAS
<i>E. huxleyi</i>	■	0,085 ou 0,073	0,07	-	-	-	0,085	0,015
	*	0,268	0,27	-	0,24	0,27	0,024	0,03
Gefiroc. grandes	*	-	-	-	1,36	-	0,91	0,45
<i>P. lacunosa</i>	+	0,458	0,44	-	0,39	0,46	0,44	0,07
Dominância gefiroc. pequenas	+	-	0,91	-	-	-	0,91	-
	*	-	-	-	-	-	1,10	-
<i>H. inversa</i>	+	-	-	-	0,15	0,54	0,22	0,39
	*	-	-	-	0,48	0,80	0,91	0,43
<i>H. sellii</i>	+	-	1,22	1,37	1,19	1,20	1,22	0,18
<i>C. macyntirei</i>	+	-	1,51	1,45	1,57	-	1,44	0,13
<i>D. brouweri</i>	+	-	1,65	1,88	1,91	-	1,91	0,30

* PRIMEIRA OCORRÊNCIA

+ ÚLTIMA OCORRÊNCIA

■ ACME

uma série de parâmetros. Não só as informações bioestratigráficas são importantes, como também aquelas provenientes da magnetoestratigrafia e geocronologia (datação radiométrica) têm importância capital. Na verdade, a atribuição de uma idade absoluta a qualquer fenômeno é resultado da integração de todas as informações geológicas que possam contribuir para este fim.

Nos estudos que visam à estimativa de uma idade absoluta para os eventos biológicos quaternários, os pesquisadores quase sempre utilizam-se de informações paleomagnéticas e isotópicas. As paleomagnéticas relacionam-se às sucessivas alternâncias do campo magnético terrestre ao longo do tempo; as isotópicas, por outro lado, concernem às variações da relação dos isótopos de oxigênio na composição da água do mar, expressando, em última instância, as grandes oscilações climáticas do planeta. As variações isotópicas são medidas, principalmente, por intermédio das carapaças fósseis de foraminíferos.

Com base nestes fatores (bem conhecidos e datados) e através da interpolação e/ou extrapolação de taxas de sedimentação, pode-se estimar uma idade absoluta para qualquer evento biológico. Na tabela I, apresentam-se alguns valores absolutos, obtidos por vários autores, para os eventos biológicos utilizados na elaboração do presente arcabouço bioestratigráfico. De modo geral, não há muitos

problemas relacionados ao sincronismo da época de ocorrência dos mesmos. Contudo, em face das maiores diferenças verificadas serem quase sempre relevantes, alguns comentários se fazem necessários.

Quando um diacronismo é verificado, imediatamente duas hipóteses podem ser suscitadas: ou o diacronismo de fato existe, ou se trata de um diacronismo aparente causado por determinadas condicionantes geológicas. Sítios deposicionais localizados abaixo da profundidade de compensação do carbonato de cálcio (CCD), retrabalhamento de fósseis, erosão de seções e baixas taxas de sedimentação costumam ser os principais fatores que mais dificultam a inferência fidedigna de uma idade absoluta para eventos biológicos, causando, assim, um diacronismo aparente. Questões de natureza taxonômica também podem conduzir a um falso diacronismo.

Por meio de uma rápida comparação dos valores absolutos da tabela I, percebe-se que as diferenças relativas ao diacronismo verificado podem ser assim ordenadas, da maior para a menor: surgimento de gefirocapsas grandes (0,45 M.a.); surgimento e extinção de *H. inversa* (0,43 M.a. e 0,39 M.a., respectivamente); extinção de *D. brouweri* (0,30 M.a.); extinção de *H. sellii* (0,18 M.a.); extinção de *C. macyntirei* (0,13 M.a.); extinção de *P. lacunosa* (0,07 M.a.); e surgimento e dominância de *E. huxleyi* (0,03 M.a. e 0,015 M.a., respectivamente).

Provavelmente, o diacronismo de 0,45 M.a. verificado para o surgimento de exemplares grandes do gênero *Gephyrocapsa* seja de natureza conceitual (taxonômica). Para Takayama e Sato (1987) e Matsuoka e Okada (1989), estes exemplares referem-se principalmente a *G. caribbeanica* e/ou *G. oceanica*. Inere-se, aqui, que as gefirocapsas grandes têm relação com *G. omega* que, segundo Young (1991), teriam surgido há aproximadamente, 0,91 M.a., na base do intervalo D (fig. 3).

O surgimento de *Helicosphaera inversa* também revela acentuado diacronismo (0,43 M.a.). É possível que esta diferença seja de natureza ecológica ou devido à falta de um melhor conhecimento relativo à amplitude total da espécie. Para Takayama e Sato (1987), esta espécie, em face de sua escassez, não teria utilidade bioestratigráfica em regiões de altas latitudes. Matsuoka e Okada (1989), em contrapartida, afirmam que a amplitude vertical do citado *taxon* ainda não está devidamente calibrada, o que poderia explicar também as diferenças verificadas para a sua extinção. Por uma questão de homogeneidade, considerou-se o valor absoluto de 0,22 M.a. (Young, 1991) para a última ocorrência de *H. inversa* em detrimento de 0,15 M.a. estimado por Takayama e Sato (1987) (ver início do capítulo 3).

O diacronismo máximo observado para a última ocorrência de *Discoaster brouweri* é de 0,30 M.a. Este valor, elevado devido às inferências de Gartner (1977), provavelmente é enganoso e não encontra respaldo nas investigações mais recentes. Gartner (1977), quando calculou a idade absoluta para a extinção de *D. brouweri* deixou claro que seria necessário um melhor controle e correlação entre as unidades magneto- e bioestratigráficas situadas na parte terminal do Plioceno. Nos trabalhos posteriores (Backman e Shackleton, 1983; Takayama e Sato, 1987; Chepstow-Lusty *et al.* 1991; por exemplo), os autores têm estimado valores que oscilam entre 1,88 e 1,91 M.a. para o desaparecimento de *D. brouweri*. O próprio Gartner, em 1988, considerou que a última ocorrência do *taxon* em questão ter-se-ia dado em 1,88 M.a. Assim, à luz das estimativas mais modernas, o diacronismo verificado para a extinção de *D. brouweri* seria da ordem de 0,03 M.a., o que o torna praticamente insignificante, podendo-se admitir, deste modo, que este evento biológico seja, aproximadamente, síncrono.

Embora a diferença máxima verificada para a extinção de *Helicosphaera sellii* não ultrapasse 0,20 M.a., alguns autores consideram este evento diacrônico. Segundo Backman e Shackleton (1983), este *datum* teria ocorrido primeiramente "fora das regiões equatoriais".

A maior diferença observada para a última ocorrência de *Calcidiscus macyntirei* é de, aproximadamente, 0,13 M.a. Contudo, este biorizonte pode ser considerado síncrono em estudos desenvolvidos em "amplas áreas", segundo Backman e Shackleton (1983).

O desaparecimento de *Pseudoemiliania lacunosa* tem sido, consistentemente, considerado um biorizonte síncrono (Thierstein *et al.* 1977). A interpretação dada por

Matsuoka e Okada (1989) à idade absoluta de 0,39 M.a., obtida por Takayama e Sato (1987) para este *datum*, relaciona-se a fenômenos de retrabalhamento.

Finalmente, divergências de 0,03 M.a. e 0,015 M.a. são verificadas, respectivamente, para o surgimento e a dominância de *Emiliania huxleyi*. Tais diferenças, quase insignificantes, poderiam ser desprezadas, admitindo-se, assim, que estes biorizontes seriam síncronos. Contudo, Thierstein *et al.* (1977) visualizaram um pequeno diacronismo para o evento. De acordo com os mencionados autores, a dominância de *E. huxleyi* ter-se-ia dado primeiramente nas regiões de mares tropicais e subtropicais, para depois ocorrer nas regiões temperadas e subpolares. É interessante observar que Thierstein *et al.* (1977), quando desenvolveram a citada pesquisa, concluíram que o surgimento de *E. huxleyi* seria um evento síncrono.

Apesar das discrepâncias verificadas, quase todos os eventos biológicos demonstram boa concordância, se comparados àqueles de natureza geomagnética. Isto porque, independentemente dos resultados obtidos pelos vários autores, há um certo consenso que tais eventos ocorreram sempre no mesmo "Chron" geomagnético. Exceções poderiam ser feitas para o surgimento de gefirocapsas grandes e o surgimento de *Helicosphaera inversa*. Contudo, como discutido, o primeiro provavelmente é devido a questões de natureza taxonômica; já o segundo, possivelmente, se deve à falta do melhor conhecimento da amplitude temporal total de *H. inversa*.

6-DETALHAMENTO ALCANÇADO E BIORIZONTES POTENCIAIS

O objetivo precípua da bioestratigrafia é a divisão de uma coluna sedimentar em estratos que possam ser reconhecidos e individualizados por meio de seu conteúdo fóssilífero. Esta divisão deve, na medida do possível, estar alicerçada em espécies que sejam facilmente identificadas e que apresentem boa frequência e persistência nas seções investigadas. Só assim, um arcabouço bioestratigráfico elaborado terá aplicação plena por qualquer bioestratígrafo especializado no grupo fóssil em questão.

O zoneamento apresentado baseia-se em sete biorizontes que individualizam os intervalos bioestratigráficos de A a G. Deve ser dito que o detalhe obtido é maior do que aquele apresentado no zoneamento-padrão da PETROBRAS (Richter *et al.* 1993) que, para esta mesma seção estratigráfica, dispõe de apenas duas biozonas (fig. 3). Na verdade, o detalhamento alcançado é, em parte, devido ao tipo de amostras utilizado (quase sempre amostras de testemunho, sem problemas de contaminação) e ao interesse em se estudar, pormenorizadamente, a seção quaternária. O zoneamento de Richter *et al.* (1993) foi desenvolvido, principalmente, a partir de amostras de calha colhidas em poços exploratórios. Em tais perfurações, geralmente, os estratos mais

superficiais não são amostrados devido a problemas operacionais. Além disso, a coluna quaternária, na margem continental brasileira, nunca se revelou importante para a exploração de hidrocarbonetos.

Como já foi mencionado, os intervalos bioestratigráficos identificados têm, em absoluta maioria, identidade com as zonas propostas por Gartner (1977). Este é um fato importante, pois auxilia a correlação de eventos geológicos e paleoceanográficos a nível global, uma vez que nas seções quaternárias, cujo conteúdo nanofossilífero é analisado, os *data* de Gartner (1977) são geralmente referenciados.

Na atual fase dos estudos, preferiu-se não individualizar outros intervalos com base em novas proposições. Entretanto, distinguiram-se mais dois biorizontes que, aliados àqueles mencionados nas observações dos intervalos bioestratigráficos, poderão, se efetivamente comprovados, aumentar a resolução do arcabouço apresentado. Estes *data* são relacionados à espécie *Helicosphaera carteri* e encontram-se assinalados na figura 3.

O *datum* mais antigo, de aspecto qualitativo, refere-se ao aparecimento de *Helicosphaera carteri* var. *wallichii* forma B. De acordo com a distribuição desta espécie, observada nos *piston cores* e nos furos geológicos, estima-se, no momento, que o mesmo tenha ocorrido na parte inferior do intervalo F. No item 7, é apresentada a caracterização de *H. carteri* var. *wallichii* forma B.

O *datum* mais recente, verificado nas investigações quantitativas dos furos geológicos, é representado por uma concentração expressiva de *Helicosphaera carteri* s.l. (Antunes, 1992b e 1993). Na figura 5, apresenta-se a frequência absoluta de *H. carteri* s.l. estimada nas três perfurações. Como pode ser visto, os três gráficos ilustram, no intervalo G, uma marcante concentração de *H. carteri* s.l. Este pico de frequência, no BU-91-GL-5, situa-se em 14,0 m; no BU-91-GL-10, em 26,0 m; e no BU-91-GL-13, entre 2,0 - 3,0 m. Nas perfurações BU-91-GL-10 e BU-91-GL-13, a concentração de *H. carteri* s.l. é mais marcante do que na sondagem BU-91-GL-5. Isto, provavelmente, é devido à pobreza em nanofósseis constatada neste último (Antunes, 1993).

De acordo com as análises, foi verificado que, embora todas as variedades de *H. carteri* estejam presentes, aquelas designadas *hyalina* e *carteri* predominam na população. Com base nestas observações, estima-se que esta alta concentração de *H. carteri* s.l. possa constituir-se em um biorizonte de fácil identificação, o que permitirá a subdivisão do intervalo G.

É possível que com o prosseguimento das investigações quantitativas, concentrações expressivas de outras espécies sejam verificadas, o que poderá subsidiar novos detalhamentos. Contudo, as epiboles verificadas terão, provavelmente, forte conotação ambiental. Este é o caso, por exemplo, das concentrações de *Coccolithus pelagicus* (estampa 1, fig. 5) registradas, por enquanto, nos

intervalos F e G. De acordo com Gartner (1972) e Perch-Nielsen (1985), entre outros, *C. pelagicus* teria maior proliferação durante épocas glaciais.

7 - OBSERVAÇÕES TAXONÔMICAS

7.1 - As Espécies de *Gephyrocapsa* (estampa 2, figs. de 1 a 5)

Dentre os vários grupos de nanofósseis, provavelmente o das gefirocapsas é um dos que mais apresenta problemas de conceituação taxonômica. Estes problemas ocorrem em função da falta de consenso entre os inúmeros especialistas que se dedicam a este tópico. A falta de consenso, bem maior a nível específico, também é sentida no que concerne ao posicionamento do gênero em uma família e à própria definição do gênero. Perch-Nielsen (1971 e 1985) considera o gênero *Gephyrocapsa* integrante da família Prinsiacae, ao passo que Hay (1977) o posiciona, juntamente com outros *taxa*, na família Gephyrocapsaceae.

O gênero *Gephyrocapsa* foi definido por Kamptner (in: Farinacci, 1973) para designar placólitos elípticos com elementos não-imbricados, portadores de uma abertura central transpassada por uma barra ou crista diagonal. Entretanto, Okada e McIntyre (1977) ilustram uma cocosfera de gefirocapsa composta por dois tipos de cocólitos distintos, uns apresentando, e outros não, a ornamentação que caracteriza a abertura central. Assim, vários exemplares que não apresentavam a barra transpassando a abertura central foram incluídos no gênero em pauta. Segundo Rio (1982), estes espécimens não deveriam pertencer ao gênero *Gephyrocapsa*.

O maior problema relacionado à taxonomia, contudo, recai sobre a identificação das várias espécies. Como, em geral, são cocólitos muito pequenos, torna-se difícil (senão impossível) distingui-los somente com o auxílio do M.O. Para propósitos bioestratigráficos, os autores utilizam-se principalmente dos *taxa* *G. oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. protohuxleyi* e *G. omega*. Porém, observa-se que a falta de consenso taxonômico é evidente, pois é comum a divergência verificada para os níveis de surgimento e/ou extinção atribuídos a uma mesma espécie. Como exemplo, pode-se citar que Young (1991) posiciona a última ocorrência de *G. caribbeanica* no interior da zona NN-19 de Martini (1971), ao passo que Simm *et al.* (1991) e Gartner (1991) registram a mesma espécie na zona NN-21 (fig. 3).

De acordo com Gartner (1977), *G. omega* e *G. lumina* seriam membros terminais da variação intra-específica *G. oceanica*, a primeira tendo maiores afinidades com ambientes de águas mais quentes e a segunda com aqueles de águas mais frias. O *taxon* *G. protohuxleyi*, de diminutas dimensões, seria indistinguível das demais gefirocapsas ao M.O.

Objetivando minimizar os problemas de ordem taxonômica, Rio (1982) propôs um artifício informal para

estudar as variações morfológicas das populações de *Gephyrocapsa* ao longo da seção plio-pleistocênica do Mar Mediterrâneo. De acordo com o autor, estas variações poderiam ser percebidas principalmente em função das

foram registrados na parte inferior do Pleistoceno (abaixo da zona de abundância de gefirocapsas pequenas). Na Bacia de Campos, as gefirocapsas grandes, tentativamente associadas a *G. omega*, ocorrem acima da mencionada

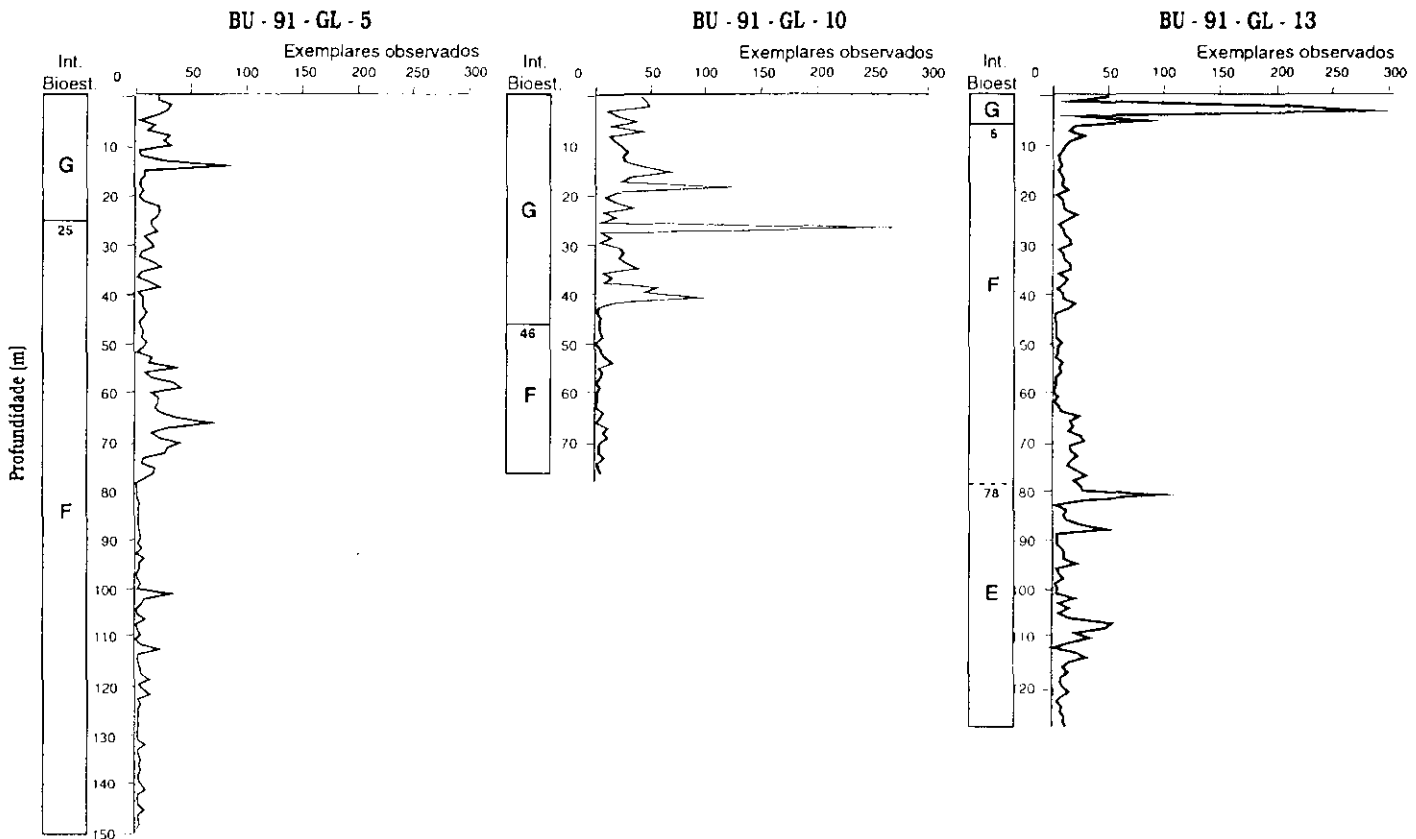


Fig. 5 - Frequência absoluta da espécie *Helicosphaera carteri* s.l. nos furos geológicos BU-91-GL-5, BU-91-GL-10 e BU-91-GL-13.
Fig. 5 - Absolute frequency of the species *Helicosphaera carteri* s. l., in geological holes BU-91-GL-5, BU-91-GL-10 and BU-91-GL-13.

dimensões dos exemplares na população. Assim, as gefirocapsas foram divididas em três grupos distintos:

- 1) gefirocapsas pequenas, com dimensões menores que 3,5 μm ;
- 2) *Gephyrocapsa oceanica* s.l., com dimensões situadas entre 3,5 e 5,5 μm e distinta abertura central;
- 3) gefirocapsas grandes, com dimensões maiores ou iguais a 6 μm .

Os exemplares situados entre 3,5 μm , e 5,5 μm e portadores de pequena abertura central freqüentemente preenchida pela barra foram considerados como *G. caribbeanica* s.l. (exemplares semelhantes àqueles ilustrados na estampa 2, fig. 2). A proposta de Rio (1982) é bastante simples e, ao que foi observado, bem expressa às variações morfológicas observadas nas análises efetuadas. Contudo, deve ser ressaltado que os exemplares grandes de *Gephyrocapsa* têm aparentemente níveis de ocorrências distintos. Para Rio (1982), estes exemplares

biozona, num modelo mais semelhante àquele postulado por Young (1991). Esta associação foi feita porque verificou-se que os espécimens apresentam ampla abertura central, conforme descrito por Bukry (in: Farinacci, 1973), autor de *G. omega*.

7.2 - As Espécies de *Helicosphaera* (estampa 2 - fig. 6 e estampa 3 - figs. de 1 a 5)

Seguindo-se os atuais conceitos taxonômicos, foram apenas reconhecidas três espécies de *Helicosphaera* nas análises efetuadas: *H. sellii*, *H. inversa* e *H. carteri*. Os taxa *H. hyalina* e *H. wallichii* são, agora, considerados variedades de *H. carteri* (Theodoridis, 1984; Jordan e Young, 1991).

As espécies *H. sellii* e *H. inversa*, se bem observadas, não apresentam qualquer dificuldade quanto ao reconhecimento. A princípio, algumas dúvidas poderiam surgir no que se refere à distinção entre ambas. Porém, a literatura (Gartner, 1977; Theodoridis, 1984; Pech-Nielsen,

1985; Aubry, 1990) fornece subsídios adequados para que tal distinção seja feita com clareza. *H. sellii* (estampa 2, fig. 6) apresenta duas aberturas com contorno elíptico, na área central, separadas por uma ponte aproximadamente paralela ao menor eixo do cocólito ou distintamente oblíqua ao mesmo. *H. inversa* (estampa 3, fig. 1), por seu lado, contém duas grandes aberturas arredondadas, na área central, separadas por uma ponte diagonal, quase coincidente com o eixo menor do cocólito. A feição mais distintiva desta espécie, todavia, é a orientação diagonal da ponte, que é oposta (inversa) àquela observada na maioria dos helicólitos. Assim, quando o exemplar é orientado com o flange posicionado na parte inferior direita (estampa 3, fig. 1b), a ponte orienta-se em diagonal da parte inferior direita para a parte superior esquerda do helicólito, e vice-versa.

A espécie *H. carteri* (= *H. kamptneri*) contém três variedades: *H. carteri* var. *carteri*, *H. carteri* var. *hyalina* e *H. carteri* var. *wallichii*. Na realidade, embora as citadas variedades possuam características diagnósticas particulares, o que se verifica é que há uma gradação entre elas. Assim, há exemplares transicionais que são difíceis de se enquadrar em uma determinada variedade. A variedade *carteri* (estampa 3, fig. 3) apresenta duas pequenas perfurações alongadas, na área central, aproximadamente simétricas em relação aos eixos do cocólito (elipsóide). Em realidade, as perfurações tendem a ser paralelas e coincidentes com o eixo maior do helicólito.

Na variedade *hyalina* (estampa 3, fig. 2), estas perfurações são quase imperceptíveis, conferindo à placa central um aspecto bastante homogêneo. Contudo, consegue-se visualizar uma tênue linha de extinção no centro do cocólito, quando o seu eixo maior se encontra aproximadamente paralelo a uma das direções de polarização (estampa 3, fig. 2a). Esta linha de extinção é mais evidente quando o helicólito é posicionado de modo inclinado em relação às direções de polarização (estampa 3, fig. 2b).

Na variedade *wallichii* (estampa 3, figs. 4 e 5), as duas perfurações da placa central não apresentam simetria, e desenvolvem-se obliquamente em relação aos eixos do cocólito. O posicionamento das perfurações, nos vários exemplares observados, também encerra variações: apresentam-se desde subparalelos ao maior eixo do helicólito (estampa 3, fig. 4) até bastante inclinados em relação ao mesmo (estampa 3, fig. 5). Nos indivíduos em que as perfurações são bastante inclinadas (de 45 graus em relação ao eixo maior do cocólito), é marcante o paralelismo entre as mesmas. Nestes casos, inclusive, as perfurações são bem desenvolvidas, apresentam contorno subretangular e poderiam ser classificadas como aberturas.

Com base no posicionamento e no contorno geométrico das perfurações, tentou-se subdividir a *H. carteri* var. *wallichii* em duas formas. A forma A refere-se àqueles exemplares cujas perfurações são subparalelas ao maior eixo do helicólito (estampa 3, fig. 4); a forma B encerra os

exemplares portadores de perfurações bastante inclinadas, subretangulares e paralelas entre si (estampa 3, fig. 5). Acredita-se que a distinção entre as formas A e B seja importante, pois pode ter algum significado bioestratigráfico. A forma B é particularmente característica, e sua primeira ocorrência pode tornar-se um bom *datum*. No momento, estima-se que este evento biológico tenha surgido durante a deposição da parte inferior do intervalo F.

Nos trabalhos referentes à seção quaternária de outras regiões do planeta, é comum a citação da ocorrência de outras espécies de *Helicosphaera*. *H. pavimentum*, *H. neogranulata* e *H. colombiana* figuram entre as mais conspícuas. Contudo, estas *taxa* ainda não foram registrados na Bacia de Campos.

AGRADECIMENTOS

À PETROBRAS por autorizar a publicação do presente trabalho. Aos colegas Armando A. Scarparo Cunha e José Henrique Gonçalves de Melo pela leitura crítica do manuscrito (ambos da PETROBRAS/CENPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, R. L. Cenozoic erosive events in central-northern portion of the Santos Basin : a biochronostratigraphical study based on calcareous nannofossils. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, 1989. *Anais...* Curitiba : Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1990.
- ANTUNES, R. L. Bioestratigrafia do nanoplâncton quaternário da Bacia de Campos, Brasil : uma abordagem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.63, n.1, p.102, 1991.
- ANTUNES, R. L. Bioestratigrafia da seção quaternária da Bacia de Campos com base em nanofósseis calcários : uma hipótese de trabalho. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX, 1992a. (Relatório CENPES, 673-S14168)
- ANTUNES, R. L. Investigações bioestratigráficas e paleoambientais em amostras dos furos geológicos BU-91-GL-10 e BU-91-GL-13, Bacia de Campos (área de Marlim) : um estudo com base em nanofósseis calcários. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX, 1992b. (Relatório CENPES, 673-S14753)
- ANTUNES, R. L. Furo geológico BU-91-GL-05 : investigações bioestratigráficas e paleoambientais com base em nanofósseis calcários. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX, 1992. (Relatório CENPES, 650-15100)
- AUBRY, M. P. *Handbook of cenozoic calcareous nannoplankton: (heliolithae : helicoliths, criboliths, lopadoliths and others)*. New York : Micropaleontology Press, 1990. (Micropaleontology Handbook Series, 4)

- BACKMAN, J., SCHACKLETON, N. Quantitative biochronology of Pliocene and Early Pleistocene calcareous nannofossils from the Atlantic, Indian and Pacific oceans. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam, v.8, p. 141-170, 1983.
- CADDAH, L. F. G., KOWSMANN, R. O., VIANNA, A. R. Análise sedimentológica dos furos geológicos BU-91-GL-10, BU-91-GL-13 (Marlim) e BU-91-GL-5 (Albacora). Rio de Janeiro: PETROBRAS. DESUD. DIREP, 1992. Relatório Interno.
- CHEPSTOW-LUSTY, A., BACKMAN, J., SHACKLETON, J. Paleoclimatic control of Upper Pliocene *Discoaster* in North Atlantic. *Journal of Micropaleontology*, New York, v.9, n.2, p.133-143, 1991.
- FARINACCI, A. *Catalogue of calcareous nannofossils*. Roma : Edizioni Tecnoscienza, 1973. v.6
- GARTNER JR., S. Late Pleistocene calcareous nannofossils in the Caribbean and their interoceanic correlation. *Palaeographic, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, v.12, p.161-191, 1972.
- GARTNER JR., S. Absolute chronology of the late Neogene calcareous nannofossil succession in the Equatorial Pacific. *Geological Society of America Bulletin*, Colorado, v. 84, p.2021-2034, 1973.
- GARTNER JR., S. Nannofossils and biostratigraphy : an overview. *Earth Science Review*, Amsterdam, v.13, n.3, p.227-250, 1977.
- GARTNER JR., S. Paleoceanography of the Mid-Pleistocene. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam, v.13, n.1, p.23-46, 1988.
- GARTNER JR., S. A note on *Gephyrocapsa caribbeanica* and amphora-shaped *Scyphosphaera*. *Intensivmedizin Notfallmedizin Anaesthesiologie Newsletter*, London, v. 13, n.3, p. 103-104, 1991.
- GONÇALVES, H. M. S. *Nanofósseis calcários do Neogeno e Quaternário (Pleistoceno Inferior) da área central da Bacia de Santos*. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989. Dissertação-Mestrado.
- GRASSI, A. A. Resultado de investigações biocronoestratigráficas em amostras do furo geotécnico BU-91-GT-32. Rio de Janeiro: PETROBRAS. DESUD. DIREP, 1993. Nota técnica.
- HAY, W. W. Calcareous nannofossils. In : RAMSAY, A. T. S. *Oceanic Micropaleontology*. London : Academic Press, 1977. p.1055-1200.
- JORDAN, R. W., YOUNG, J. R. Proposed changes to the classification system of living coccolithophorids. *Intensivmedizin Notfallmedizin Anaesthesiologie Newsletter*, London, v.12, n.1, p.15-18, 1991.
- KOWSMANN, R. O., VIANA, R. A. Movimentos de massa provocados por cunhas progredientes de nível de mar baixo: exemplo na Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.6, n. 1/2, p.99-102, 1992.
- MARTINI, E. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In : FARINACCI (Ed.) CONFERENCE OF PLANKTONIC MICROFOSSILS, 2, Roma, 1970. *Proceedings...* Roma : Edizioni Tecnoscienza, 1970.
- MATSUOKA, H., OKADA, H. Quantitative analysis of Quaternary nannoplankton in the subtropical Northwestern Pacific Ocean. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam, v.14, n.2, p.97-118, 1989.
- MCINTYRE, A. Coccoliths as paleoclimatic indicators of Pleistocene glaciation. *Science*, Washington, v.158, n.3896, p.1314-1317, 1967.
- MCINTYRE, A., BÉ, A. W. H. Modern coccolithophoridae of the Atlantic ocean I : placoliths and cyrtoliths. *Deep Sea Research*, Great Britain, v.14, p.561-597, 1967.
- OKADA, H., HONJO, S. Distribution of coccolithophores in marginal seas along the Western Pacific Ocean in the Red Sea. *Marine Biology*, New York, v.31, p. 271-285, 1975.
- OKADA, H., MCINTYRE, A. Modern coccolithophores of the Pacific and North Atlantic Oceans. *Micropaleontology*, New York, v.23, n.1, p.1-55, 1977.
- PERCH-NIELSEN, K. Durchsicht tertiärer coccolithen. In : FARINACCI, A. (Ed.) CONFERENCE OF PLANKTONIC MICROFOSSILS, 2, Roma, 1970. *Proceedings...* Roma : Edizioni Tecnoscienza, 1970.
- PERCH-NIELSEN, K. Mesozoic calcareous nannofossils/ Cenozoic calcareous nannofossils. In : BOLLO, H. M., SAUNDERS, J. B., PERCH-NIELSEN, K. (Ed.) *Plankton Stratigraphy*. Cambridge : Cambridge University Press, 1985. p.329-554.
- RICHTER, A. J., GOMIDE, J., SHIMABUKURO, S., ANTUNES, R. L. Bioestratigrafia dos nanofósseis cenozóicos da margem continental brasileira. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX, 1993. (Relatório CENPES, 650-15085)
- RIO, D. The fossil distribution of coccolithophore genus *gephyrocapsa* Kamptner and related Plio-Pleistocene chronostratigraphic problems. *Initial Reports of the deep Sea Drilling Project Leg 68*, Amsterdam, p.325-343, 1987.
- SIMM, R. W., WEAVER, P. P. E., KIDD, R. B., JONES, E. J. W. Late Quaternary mass movement on the lower continental rise and abyssal plain off Western Sahara. *Sedimentology*, Oxford, v.38, n.1, p.27-40, 1991.
- TAKAYAMA, T., SATO, T. Coccolith biostratigraphy of the North Atlantic Ocean. *Initial Reports of the Sea Drilling Project Leg 94*, Amsterdam, p.651-702, 1987.
- THEODORIDIS, S. Calcareous nannofossils biozonation of the Miocene and revision of the heliocoliths and discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, Utrecht, v.32, 1984.

THIERSTEIN, H. R., GEITZENAUER, K. R., MOLFINO, B. Global synchronicity of late Quaternary coccolith datum levels: validation by oxygen isotopes. *Geology, Colorado*, v.5, p. 400-404, 1977.

WANG, P., SAMTLEBEN, C. Calcareous nannoplankton in surface sediments of the east China sea. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam, v.8, p. 249-259, 1984.

YOUNG, J. R. A Quaternary range chart. *International Nannoplankton Association Newsletter*, London, v.13, n.1, p. 14-17, 1991.

EXPANDED ABSTRACT

Biostratigraphic studies based on the calcareous nannofossils of samples from the Quaternary section of Campos and Santos basins have led to the development of a biostratigraphic framework made up of seven intervals. These informal biozones (from A to G) are based mainly on biological events such as extinction, first appearances and dominance (acme zone) of cosmopolitan taxa. In view of this, almost all units that have been recognized have identity with biozones that have already been described in the bibliography for this geologic time interval, making easier its correlation with magnetostratigraphic units and the inference of absolute ages. The informal designation of "biostratigraphic intervals" is preferable to biozones, since not all units were effectively ascertained in the present stage of the studies.

In a short form, the intervals were distinguished as follows: Biostratigraphic interval A - it is situated between the last occurrences of *Discoaster brouweri* and *Calcidiscus macyntirei*.

Note:

a) interval A can be correlated with Gartner's (1977) *Calcidiscus macyntirei* Zone, and it ranges from latest Pliocene to earliest Pleistocene.

Biostratigraphic interval B - it is situated between the last occurrences of *Calcidiscus macyntirei* and *Helicosphaera sellii*.

Note:

a) interval B is identical to Gartner's (1977) *Helicosphaera sellii* Zone, and it is of Early Pleistocene age.

Biostratigraphic interval C - it is situated between the last occurrence of the *Helicosphaera sellii* and the last level of dominance of small-sized species (smaller than 3,5 μm) of the genus *Gephyrocapsa*.

Note:

a) interval C coincides with Gartner's (1977) zone where the small *gephyrocapsas* are abundant, of mid Pleistocene age. Biostratigraphic interval D - it is situated within the last level of dominance of the small specimens of the genus *Gephyrocapsa* and the last occurrence of *Pseudoemiliana lacunosa*.

Note:

a) this interval is correlative of Gartner's (1977) *Pseudoemiliana lacunosa* Zone, of mid Pleistocene age;

b) interval D has not been consistently sampled in the Campos Basin.

Biostratigraphic interval E - bounded at base and on top by the last occurrences of *Pseudoemiliana lacunosa* and *Helicosphaera inversa*, respectively.

Note:

a) the interval is of Late Pleistocene age and only coincides partially with Gartner's (1977) *Gephyrocapsa oceanica* Zone. Its base is indicated by the same datum that was used by the cited author. However, the top of the interval has a different definition. The upper limit of the *G. oceanica* Zone becomes evident by the appearance of *Emiliana huxleyi*, a species that presents problems for optical microscopic (O.M.) identification, especially when it is its first occurrence. In terms of this obstacle, the author gave preference to stake out the top of interval E through the local extinction level of *Helicosphaera inversa*, a species that is easily identifiable under the O.M.

Biostratigraphic interval F - limited by the last occurrence of *Helicosphaera inversa* and the lowest level where *Emiliana huxleyi* dominates.

Note:

a) the interval is Late Pleistocene and shows partial identity with Gartner's (1977) *Emiliana huxleyi* Zone.

Biostratigraphic interval G - it is above the lowest level where *Emiliana huxleyi* dominates.

Note:

a) this interval coincides with Gartner's (1977) *Emiliana huxleyi* acme Zone, and ranges from late Pleistocene to Holocene;

b) it is quite easy to identify the base of interval G. While a qualitative increase of specimens of *Emiliana huxleyi* is noticed, there is a concomitant decrease in number of specimens of the genus *Gephyrocapsa*. *E. huxleyi* specimens are also bigger, with the coccolith's longest axis attaining 4 μm . Despite the ease with for identification, it is quite subjective fixing the limits between intervals F and G. It seems that such subjectivity increases in proximal sections and/or

those recording high sedimentation rates. According to Okada and Honjo (1975), in marginal seas the extant nannoplankton assemblages contain low percentages of *Emiliana huxleyi*. Related to this subject, Wang and Samtleben (1984) have recognized that the *E. huxleyi* predominance in the thanatocoenosis increases offshore. On the other hand, in proximal regions where sedimentation is more effective, *E. huxleyi* is as abundant as *Gephyrocapsa oceanica*.

Considering the forementioned observations, it is possible to further divide the Quaternary section. Such detailing would be mainly based on the appearance of *Helicosphaera inversa* (within interval C) and form B of *H. carteri* var. *wallichii* (at the base of interval F) and by the abundance of *H. carteri* s.l. (within interval G).

There was an attempt to divide the *H. carteri* var. *wallichii*

taxon into two forms. Such effort was mainly based on the arrangement of two perforations that ornament the helicolith's central portion. Form A refers to those specimens whose perforations are subparallel to the helicolith's longest axis. Form B comprises the specimen with more sloping perforations, subretangular in adline, and parallel to each other.

It is also possible that other subdivisions, besides the above mentioned one, may be delineated through quantitative investigations. Nevertheless, those based on "anomalous" concentrations of some species would have a strong environmental connotation. For instance, this is the case of the strong variations in absolute frequency of *Coccolithus pelagicus* that were observed within intervals F and G. According to the bibliography, this species would have had more intense proliferation during glacial epochs.

ESTAMPA 1 / PLATE 1



1 - *Discoaster brouweri*



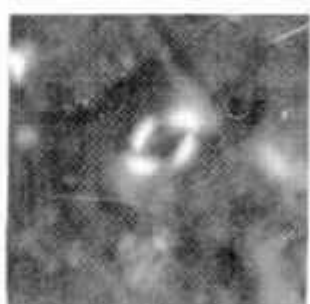
2 - *Calcidiscus macyntirei*



3 - *Pseudoemiliana lacunosa*



4a - *Emiliana huxleyi*



4b



4c



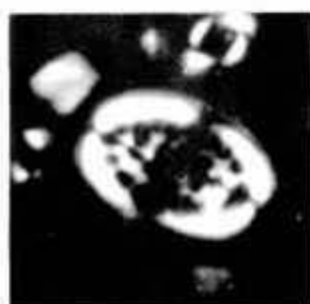
5a - *Coccolithus pelagicus*



5b



6a - *Pontosphaera indoceanica*



6b



DIREÇÕES DE POLARIZAÇÃO

FUNDO EM CINZA - NICÓIS //

FUNDO EM NEGRO - NICÓIS X

0 9 18 μm

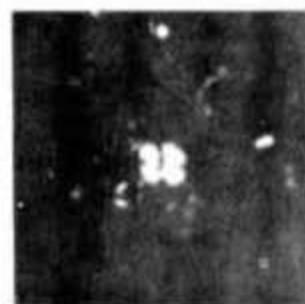
ESTAMPA 2 / PLATE 2



1 - gefirocapsas pequenas



2a - gefirocapsa pequena



2b



3 - gefirocapsa grande



4 - gefirocapsa grande



5 - gefirocapsa grande



6a - *Helicosphaera sellii*



6b



6c



6d



DIREÇÕES DE POLARIZAÇÃO

FUNDO EM CINZA - NICÓIS //



FUNDO EM NEGRO - NICÓIS X

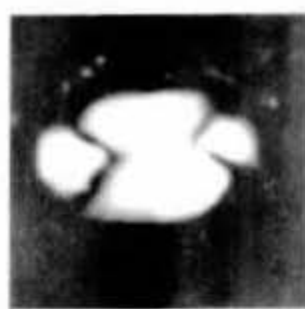
ESTAMPA 3 / PLATE 3



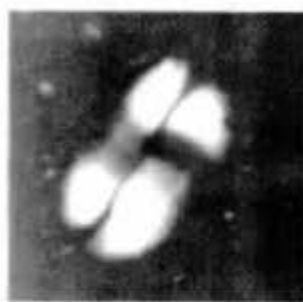
1a - *Helicosphaera inversa*



1b



2a - *Helicosphaera hyalina*



2b



3a - *H. carteri* var. *carteri*



3b



4a - *H. carteri* var. *wallichii* forma A



4b



5a - *H. carteri* var. *wallichii* forma B

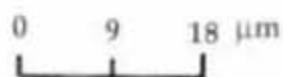


5b



DIREÇÕES DE POLARIZAÇÃO

FUNDO EM CINZA - NICÓIS //



FUNDO EM NEGRO - NICÓIS X