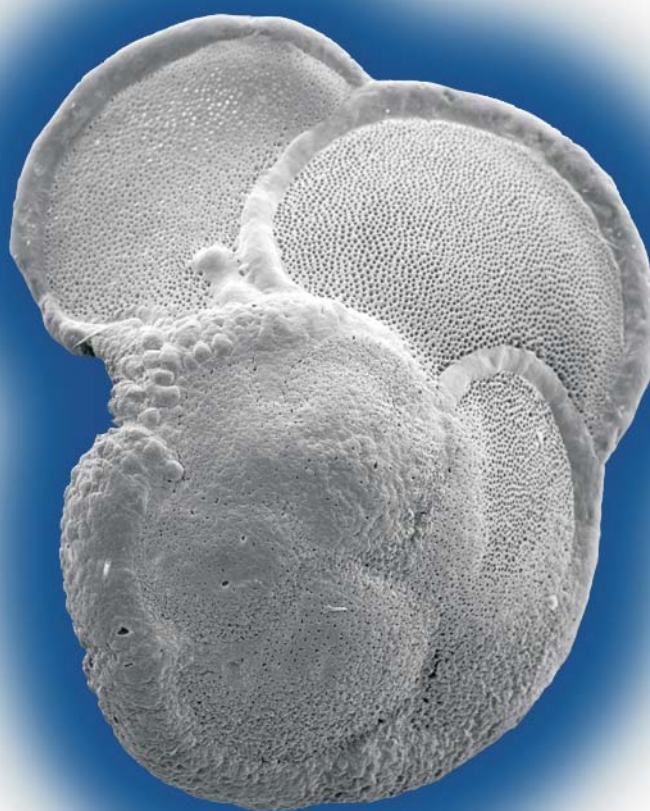




Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Análise Bioestratigráfica de dois Testemuhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ

Antonio Enrique Sayão Sanjinés



Rio de Janeiro
Junho de 2004



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE BIOESTRATIGRÁFICA DE DOIS TESTEMUNHOS A PISTÃO DO
TALUDE DA BACIA DE CAMPOS, RJ

ANTONIO ENRIQUE SAYÃO SANJINÉS

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO REQUISITO
OBRIGATÓRIO DA DISCIPLINA “TRABALHO FINAL DE CURSO”

*TEMA VINCULADO AO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM
GEOLOGIA DO PETRÓLEO (CONVÊNIO PRH-ANP/MCT Nº 18)*

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL
JUNHO DE 2004

ANÁLISE BIOESTRATIGRÁFICA DE DOIS TESTEMUNHOS A PISTÃO DO
TALUDE DA BACIA DE CAMPOS, RJ

ANTONIO ENRIQUE SAYÃO SANJINÉS

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO REQUISITO
OBRIGATÓRIO DA DISCIPLINA "TRABALHO FINAL DE CURSO".

SETOR: PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

ORIENTADORA: CLAUDIA GUTTERRES VILELA

CO-ORIENTADOR: OSCAR STROHSCHOEN JÚNIOR

APROVADA POR:

Dr^a. Claudia Gutterres Vilela, UFRJ

Msc. Oscar Strohschoen Júnior, CENPES / PETROBRAS

Dr. Leonardo Borghi, UFRJ

FICHA CATALOGRÁFICA

SANJINÉS, ANTONIO ENRIQUE SAYÃO

Análise bioestratigráfica de dois testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ [Rio de Janeiro] 2004.

ix, 57p. 29,7 cm. Instituto de Geociências – UFRJ.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, CCMN, 2004.

1. Bioestratigrafia 2 Foraminíferos Planctônicos 3. Bacia de Campos.
I. Sanjinés, Antonio Enrique Sayão II. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Aos meus pais Raúl e Wanda.

SUMÁRIO

Agradecimentos,	iii
Resumo,	iv
Abstract,	vi
Lista de figuras,	viii
Lista de tabelas,	ix
Lista de quadros,	ix
1 INTRODUÇÃO,	1
2 OBJETIVOS E FIM,	3
3 FORAMINÍFEROS,	4
3.1 Generalidades,	4
3.2 Ecologia e paleoecologia,	5
3.3 Monitoramento ambiental,	6
3.4 Bioestratigrafia,	6
4 ÁREA DE ESTUDO – BACIA DE CAMPOS,	8
4.1 Evolução estratigráfica da bacia de Campos,	8
4.2 Pleistoceno/Holoceno (<i>Quaternário</i>) da bacia de Campos,	12
4.2.1 FISIOGRAFIA,	12
4.2.2 OCEANOGRAFIA,	13
4.2.3 HIDROGRAFIA,	13
4.2.4 SEDIMENTOLOGIA,	14
5 MATERIAL E MÉTODOS,	16
5.1 Material de estudo – testemunhos,	16
5.2 Amostragem e tratamento das amostras,	17
5.3 Análise quantitativa e qualitativa,	17
5.4 Comparação entre diferentes malhas de peneira,	19
5.5 Correlação gráfica,	20
6 BIOESTRATIGRAFIA DO PLEISTOCENO/HOLOCENO (<i>QUATERNÁRIO</i>),	22
6.1 Histórico,	22
6.2 Refinamento bioestratigráfico para a bacia de Campos,	24
6.3 Dátuns utilizados,	27
6.3.1 <i>DESAPARECIMENTO DE</i> <u>Globorotalia flexuosa</u> ,	27
6.3.2 <i>BIO-HORIZONTES</i> <u>Pulleniatina obliquiloculata</u> ,	27

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO, 29

7.1 Resultado da comparação entre diferentes malhas de peneira, **29**

7.2 Descrição dos testemunhos, **31**

7.2.1 *POÇO A*, **32**

7.2.2 *POÇO B*, **37**

7.2.3 *LIMITE HOLOCENO/PLEISTOCENO*, **42**

7.3 Correlação entre os testemunhos, **45**

7.4 Resultados da correlação gráfica, **47**

8 CONCLUSÕES, 52**9 RECOMENDAÇÕES, 53****REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, 54****ANEXOS**

ANEXO A – Poço A

ANEXO B – Poço B

ANEXO C – Descrição sedimentológica de fácies

ANEXO D – Estampas

Estampa I

Estampa II

AGRADECIMENTOS

*Pela ajuda prestada para a realização deste projeto, apresento meus profundos
agradecimentos:*

À Dr^a. Valquíria Porfíro Barbosa, pela liberação das amostras.

*Ao Dr. Francisco Henrique de Oliveira Lima, pelas inúmeras sugestões, correções e
pelas instrutivas discussões técnico-científicas.*

*Ao Programa de Capacitação de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo da
UFRJ (PRH-ANP-18) pela bolsa de graduação.*

À PETROBRAS pelo suporte técnico.

Aos meus Orientadores, Oscar e Claudia pelo empenho e dedicação prestados.

*Aos meus colegas de turma e todos aqueles que de forma direta ou indireta
contribuíram para a conclusão deste trabalho.*

*E por último, mas não menos importante, à minha família e à minha namorada Fê,
pela paciência e compreensão nos momentos difíceis desta caminhada.*

RESUMO DA MONOGRAFIA APRESENTADA AO CURSO DE GRADUAÇÃO EM
GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO
REQUISITO OBRIGATÓRIO DA DISCIPLINA “TRABALHO FINAL DE CURSO”

ANÁLISE BIOESTRATIGRÁFICA DE DOIS TESTEMUNHOS A PISTÃO DO
TALUDE DA BACIA DE CAMPOS, RJ

ANTONIO ENRIQUE SAYÃO SANJINÉS

RIO DE JANEIRO, JUNHO DE 2004

ORIENTADORA: CLAUDIA GUTTERRES VILELA

CO-ORIENTADOR: OSCAR STROHSCHOEN JÚNIOR

SETOR: PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

O presente trabalho faz parte da disciplina Estágio de Campo IV, obrigatória para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia pela UFRJ. O grande interesse exploratório em depósitos de águas profundas e ultra-profundas justifica a importância de estudos (bio)estratigráficos e sedimentológicos no talude e nas bacia marginais, com o propósito de subsidiar trabalhos de caracterização geotécnica. Foi realizada a análise biocronoestratigráfica de dois testemunhos a pistão do talude continental da bacia de Campos, RJ, com base em foraminíferos planctônicos recentes e sub-recentes. Os testemunhos possuem pouco mais de 4,20 metros de comprimento e foram coletados em cotas batimétricas superiores a 2.100 metros. A preparação e o tratamento das amostras seguiu metodologia padrão para microfósseis calcários. Foram identificadas as biozonas W, X, Y (Pleistocênicas) e Z (Holocênica), e as subzonas Y2 e Y1 para o poço A. No poço B foi possível a individualização das biozonas X, Y e Z, e as subzonas X3, X1, Y4, Y3, Y2 e Y1. Foram reconhecidos os dátuns: (i) desaparecimento de *G. flexuosa* no topo da zona X, datado em 84 Ka AP, coincidente com o bio-horizonte *P. obliquiloculata* YP.1; (ii) bio-horizonte *P. obliquiloculata* YP.2, somente para o poço B, com idades variando entre 74,4 e 67,7 Ka AP; e (iii) bio-horizonte *P. obliquiloculata* YP.3, com idades variando entre 45 e 42 Ka AP. Foi aplicado o método de Correlação Gráfica para a obtenção de melhores aproximações nos valores de taxas de sedimentação,

extensão dos hiatos e descontinuidades estratigráficas. Os valores finais de taxa de sedimentação foram calculados a partir dos gráficos gerados, descontando-se a espessura dos corpos arenosos, pois a deposição destes no talude representa episódios instantâneos no tempo geológico. Os resultados foram: (i) para o poço A, 27,68 Ka de hiato envolvendo as subzonas Y5, Y4 e Y3, na base da zona Y; 0,89 cm/Ka para a zona X; 1,33 cm/Ka para a zona Y1; e 1,09 cm/Ka para a zona Z; (ii) para o poço B, 0,75 Ka de hiato relativo à falta da subzona Y5; 2,89 cm/Ka para as subzonas Y3 e Y2; 2,33 cm/Ka para a subzona Y1; e 1,36 cm/Ka para a zona Z. Foram caracterizados nos testemunhos pelo menos dois eventos de movimento de massa, refletindo momentos de instabilidade do talude na região analisada.

ABSTRACT OF THE MONOGRAPH PRESENTED TO THE UNDERGRADUATE
COURSE OF GEOLOGY OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO
AS OBLIGATORY FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS OF THE DISCIPLINE
“TRABALHO FINAL DE CURSO”

BIOSTRATIGRAPHIC ANALYSIS OF TWO PISTON CORES FROM SLOPE OF
CAMPOS BASIN, RJ

ANTONIO ENRIQUE SAYÃO SANJINÉS

RIO DE JANEIRO, JUNE, 2004

ADVISER: CLAUDIA GUTTERRES VILELA

CO-ADVISER: OSCAR STROHSCHOEN JÚNIOR

SECTOR: PALEONTOLOGY AND STRATIGRAPHY

The present work is part of disciplines Estágio de Campo IV, mandatory for the attainment of the degree of Bachelor in Geology at the Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). The great interest in exploration in deep and ultra-deep water deposits justifies the importance of (bio)stratigraphic and sedimentological studies in marginal basins, also applied to geotechnical characterization of the slope. Two piston cores from continental slope of Campos Basin, RJ, were analysed for its foraminiferal content, and biostratigraphic zonation was determined based on recent and sub-recent planktonic foraminifera. The piston cores are 4,26 and 4,27 meters long and had been collected in depths of 2,145 and 2,577 meters, respectively. The preparation and analyses of the samples followed standard methodology for calcareous microfossils. They had been identified W, X, Y (Pleistocene) and Z (Holocene) biozones, and Y2 and Y1 subzones for the well A. In well B the individualization of X, Y and Z biozones was possible, and X3, X1, Y4, Y3, Y2 and Y1 subzones were identified. They had been recognized datums: (i) disappearance of *G. flexuosa* at the top of X zone, dated as 84 Ka BP, coincident with bio-horizon *P. obliquiloculata* YP.1; (ii) bio-horizon *P. obliquiloculata* YP.2, only for well B, with ages varying between 74.4 and 67.7 Ka BP; and (iii) bio-horizon *P. obliquiloculata* YP.3,

with ages varying between 45 and 42 Ka BP. The Graphic Correlation methodology was applied for the attainment of better approaches in the values of sedimentation rates, extension of the hiatuses and stratigraphic discontinuities. The results obtained are: (i) for the well A, a 27,68 Ka hiatus involving Y5, Y4 and Y3 subzones, at the base of Y zone; sedimentary rates of 0,89 cm/Ka for X zone; 1,33 cm/Ka for the Y1 zone; e 1,09 cm/Ka for Z zone; (ii) for well B, a 0,75 Ka hiatus related to the absence of Y5 subzone; sedimentary rates of 2,89 cm/Ka for Y3 and Y2 subzones; 2,33 cm/Ka for Y1 subzone; e 1,36 cm/Ka for Z zone. At least two events of gravity movement were characterized in the piston cores reflecting moments of instability the slope in the analyzed region.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Mapa de localização. Bacia de Campos localizada na porção sudeste da margem continental brasileira., **9**
- Figura 2: Carta estratigráfica da bacia de Campos segundo Rangel (1993), disponível em <http://www.brasil-rounds.gov.br/geral/ATIV_secoes_e_cartas.asp>., **11**
- Figura 3: (a) Correlação Gráfica pode ser usada para comparar duas seções estratigráficas e (b) comparar uma seção estratigráfica contra um padrão composicional de fósseis. Modificado de Wescott *et al.* (1998)., **21**
- Figura 4: Esquema simplificado do biozoneamento do Pleistoceno Final e Holoceno, modificado de Ericson & Wollin (1968) e Vicalvi (1999). Idades representadas fora de escala., **25**
- Figura 5: Comparação entre nove amostras preparadas com diferentes malhas (125 e 250 μm) para o poço A. Frequência dos grupos de foraminíferos diagnósticos das biozonas., **30**
- Figura 6: Distribuição da frequência dos grupos de foraminíferos selecionados para o biozoneamento no poço A., **33**
- Figura 7: Distribuição da frequência dos grupos de foraminíferos selecionados para o biozoneamento no poço B., **38**
- Figura 8 Frequência do plexo *G. menardii*, de *G. tumida* e de *G. truncatulinoides* na identificação da biozona Z (Holoceno) no poço A., **43**
- Figura 9 Frequência do plexo *G. menardii*, de *G. tumida* e de *G. truncatulinoides* na identificação da biozona Z (Holoceno) no poço B., **44**
- Figura 10: Correlação entre os poços estudados, utilizando a distribuição da frequência do plexo *G. menardii* e de foraminíferos bentônicos., **46**
- Figura 11: Correlação gráfica considerando a espessura dos corpos arenosos., **48**
- Figura 12: Correlação gráfica sem considerar a espessura dos corpos arenosos., **50**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Testemunhos a pistão do talude continental da bacia de Campos utilizados neste trabalho., **16**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo dos resultados obtidos, **51**

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte da disciplina Estágio de Campo IV, ou monografia final de curso, obrigatória para os graduandos em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os estágios de campo visam familiarizar o aluno com as aplicações práticas da ciência.

No século XXI, a demanda global por recursos energéticos continuará a aumentar, direcionada pelo crescimento econômico nos países desenvolvidos e pelo crescimento populacional. Combustíveis fósseis fornecerão a maior parte da energia pelos próximos 60 ou 80 anos, pelo menos. A Bioestratigrafia tem sido e continuará a ser uma ferramenta fundamental na pesquisa e produção de petróleo e gás natural. De acordo com a discussão realizada na Conferência de Senckenberg, baseada em dados apurados para a América do Norte, existe uma lacuna de 17 anos sem renovação de profissionais especializados, abrindo espaço para a contratação de, no mínimo, duas novas gerações de bioestratígrafos (Armentrout, 1997).

O grande interesse exploratório em depósitos de águas profundas e ultra-profundas justifica a importância de estudos (bio)estratigráficos e sedimentológicos no talude e nas bacias marginais, com a finalidade de avaliar a estabilidade regional do talude e seu comportamento como fundação dos equipamentos permanentes de produção e escoamento de petróleo (Vicalvi, 1999).

Os resultados da investigação micropaleontológica, baseada em foraminíferos planctônicos recentes e sub-recentes de 85 amostras de dois testemunhos a pistão do talude continental da bacia de Campos são apresentados, após análise de material cedido pela PETROBRAS à geóloga Dr^a. Valquíria Porfírio Barbosa para sua tese de doutorado.

O Período Neogeno em sua parte superior abrange o intervalo de interesse para este trabalho: Pleistoceno/Holoceno, caracterizado por mudanças climáticas cíclicas, marcadas por avanços e recuos do gelo sobre amplas áreas continentais e pelas variações eustáticas do nível do mar. O limite Plioceno/Pleistoceno é estimado em aproximadamente 1,9 milhões de anos (Berggren *et al.*, 1985, *apud* Vicalvi, 1999). O talude da bacia de Campos se mostra local ideal para o estudo de foraminíferos planctônicos do *Quaternário* em virtude de ocorrerem taxas de sedimentação

consideravelmente mais altas do que em outras áreas oceânicas, o que facilita a análise e permite melhor definir zonas e subzonas bioestratigráficas (Vicalvi, *op. cit.*).

Os foraminíferos planctônicos são abundantes nos sedimentos marinhos, têm tamanho relativamente grande (geralmente maior do que 74 µm) e poucas espécies são necessárias para o estudo bioestratigráfico ao longo de uma seção (Vicalvi, 1999). Suas associações são muito utilizadas em paleoecologia, paleoceanografia, bioestratigrafia e em monitoramento ambiental. A importância atribuída ao grupo nestes estudos deve-se, entre outros fatores, à sua elevada abundância e diversidade, ampla distribuição geográfica e batimétrica, rápida evolução, e grande sensibilidade às variações ambientais (Barbosa, 2002).

O zoneamento bioestratigráfico do Neogeno Superior é baseado na presença/ausência de determinadas espécies de foraminíferos planctônicos (principalmente a espécie *Globorotalia menardii* - presente em águas quentes) como reflexo de flutuações climáticas. Este biozoneamento é subdividido em zonas representadas por letras do alfabeto no sentido inverso, de Q (Pleistoceno) a Z (Holoceno), segundo Ericson & Wollin (1968). Vicalvi (1999) refinou este zoneamento para a bacia de Campos com base nas variações de frequência do plexo *G. menardii*, *G. inflata* e *G. truncatulinoides*, complementadas por observações na frequência do plexo *Pulleniatina*.

Os trabalhos de Ericson & Wollin (1968) e Vicalvi (1999) constituem o principal embasamento teórico para as interpretações e conclusões apresentadas nesta monografia.

2 OBJETIVOS E FIM

Dada a carência de pessoal especializado e a falta de renovação de profissionais, a motivação principal deste trabalho gira em torno de treinar e familiarizar o autor na prática de análises e interpretações associadas a microfósseis, mais especificamente foraminíferos planctônicos, aplicados na indústria do petróleo.

Tendo por base os zoneamentos propostos por Ericson & Wollin (1968) e Vicalvi (1999), visou-se estabelecer um biozoneamento para os testemunhos estudados, com o objetivo de determinar níveis de correlação, hiatos e outras discontinuidades estratigráficas, bem como a ocorrência de retrabalhamento ou deslocamento de fauna, no Pleistoceno Final e Holoceno.

Pretende-se ainda realizar uma correlação entre os poços e quantificar taxas de sedimentação e duração de hiatos, com a finalidade de subsidiar trabalhos de avaliação da estabilidade do talude, na região adjacente aos testemunhos. Estes dados são essenciais em trabalhos de caracterização geotécnica que visam, basicamente, verificar a viabilidade para a instalação de equipamentos permanentes de produção (Vicalvi, 1997).

3 FORAMINÍFEROS

3.1 Generalidades (Brasier, 1980; Bignot, 1988; Murray, 1991)

Os foraminíferos atualmente são classificados no Reino PROTOCTISTA, Filo GRANULORETICULOSA, Classe FORAMINIFERA (Sen Gupta, 1999).

Estes microorganismos secretam uma teca (ou carapaça) calcária, silicosa, ou orgânica (teca quitinosa - palinoforaminíferos), podendo também aglutinar partículas do meio para sua construção. Medem de 20 μm a 19 cm (*Neusina agassizi* – formas gigantes), mas a grande maioria dos indivíduos varia de 100 μm a 1 mm.

A teca pode consistir de uma ou mais cavidades denominadas câmaras, interligadas por orifícios, chamados foramen, através dos quais o protoplasma circula pelo organismo. Do termo *foramen* se deriva a palavra foraminífero (do latim *foramen* = orifício; *ferre* = possuir).

O protoplasma se estende para o exterior através de uma ou mais aberturas e circunda a carapaça formando uma massa de pseudópodes ramificados e anastomosados usados para a locomoção, respiração, captura de alimento, construção da teca e fixação do organismo. Os foraminíferos ocorrem em todas as latitudes e se alimentam de algas, diatomáceas, larvas de crustáceos e moluscos, vermes, e bactérias. Apresentam uma alternância de gerações entre reprodução assexuada e sexuada, sendo que a primeira está sempre presente, e a segunda pode estar ou não.

Foraminíferos são essencialmente marinhos e podem ser classificados de acordo com seu hábito em planctônicos ou bentônicos. Os bentônicos são aqueles que vivem juntos ao substrato, na interface água-sedimento, ou ligeiramente enterrados nas camadas mais superficiais do substrato, surgiram no Cambriano (545 Ma) e habitam os mais variados ambientes, podendo ser livres ou sésseis. Os planctônicos surgiram no Jurássico (205,1 Ma) e vivem flutuando passivamente na massa d'água, executando subidas e descidas diurnas na zona fótica dos oceanos, dispersos, principalmente, pela ação de correntes. Existe um único grupo de água doce, Ordem *Allogromiida*.

A sistemática da maioria das espécies é feita com base no estudo da carapaça, a porção fossilizável do organismo. O estudo científico dos foraminíferos, segundo Boltovskoy (1965), se presta para determinar a idade relativa de rochas e/ou

sedimentos, assim como estimar batimetria, temperatura e salinidade das águas marinhas pretéritas. São um grupo importante para o estudo da paleoecologia, paleoceanografia, bioestratigrafia e do monitoramento ambiental.

De acordo com Sen Gupta (1999), existem 16 ordens de foraminíferos, sendo somente uma de foraminíferos planctônicos, a ordem *Globigerinida*. Na bioestratigrafia do Pleistoceno/Holoceno utilizam-se espécies planctônicas pertencentes à Superfamília *Globorotaliacea*, Famílias *Globorotaliidae* e *Pulleniatinidae*, indicativas de variações climáticas que inferem períodos glaciais e interglaciais. O comportamento das espécies encontra-se mais detalhado no capítulo 5 (item 5.3).

Nas bacias brasileiras, os foraminíferos tem sido intensamente utilizados em estudos aplicados e pesquisas científicas em depósitos mesocenozóicos marinhos (Antunes & Melo, 2001).

3.2 Ecologia e paleoecologia (Boltovskoy, 1965; Brasier, 1980; Murray, 1991)

O estudo ecológico de formas atuais é empregado para inferências paleoecológicas e inclui observações de ordem morfológica, química, física e biológica. As formas bentônicas são mais utilizadas.

A distribuição das associações de foraminíferos é condicionada por fatores como: temperatura, nutrientes, salinidade, ph, luz, oxigênio, teor de CaCO_3 e profundidade. As espécies mais tolerantes ou menos tolerantes a variações ambientais podem ser indicadoras do ambiente em que foram encontradas e servem como referencial para se determinar paleoambientes. Os índices mais utilizados em estudos desta natureza são: Abundância, Freqüência e Diversidade.

A microestrutura da teca pode indicar condições ambientais. O percentual de indivíduos com parede aglutinante, calcária e porcelanosa varia de acordo com o ambiente (zona litoral, nerítica, batial e abissal). A diversidade taxonômica também reflete as condições do ambiente. Em ambientes instáveis dominam poucas espécies com alta abundância, enquanto em ambientes estáveis ocorrem muitas espécies sem que nenhuma delas seja muito abundante em relação às demais. Dados trabalhados a partir do número de foraminíferos planctônicos podem fornecer taxa de sedimentação e paleobatimetria.

3.3 Monitoramento ambiental

A distribuição dos foraminíferos bentônicos em áreas marinhas poluídas vem sendo intensamente estudada há três ou quatro décadas. O efeito da poluição sobre as associações de foraminíferos pode ser melhor determinado comparando-se o estado natural do ambiente, antes da poluição, com o estado atual. Muitos trabalhos têm apontado os foraminíferos como marcadores sensíveis para indicar deteriorações em ambientes marinhos, sendo amplamente aplicados na avaliação dos impactos antropogênicos. As principais fontes de poluição são: matéria orgânica, metais pesados e hidrocarbonetos (Alve, 1995).

A variação da diversidade taxonômica, abundância e dominância associadas a modificações morfológicas nas carapaças são utilizadas na avaliação do grau de poluição de regiões impactadas (Vilela *et al.*, 2004).

3.4 Bioestratigrafia

A bioestratigrafia é o ramo da estratigrafia que se baseia no conteúdo fossilífero das rochas e/ou estratos para subdividir e ordenar eventos seqüenciais no registro geológico. Usa a variação cronoestratigráfica de espécies fósseis para correlacionar seções estratigráficas e seus paleoambientes, preferencialmente fornecendo informações sobre as condições deposicionais (Emery & Myers, 1996). Para subdividir o tempo geológico, a biocronologia depende de eventos evolucionários irreversíveis, tais como o primeiro e/ou o último aparecimento de determinada espécie (Vicalvi, 1999).

A classificação bioestratigráfica tem como unidade fundamental a zona, que é um pacote de rocha definido ou caracterizado por seu conteúdo fóssil (NASC, 1983, *apud* Antunes & Melo, 2001). Uma zona pode ser dividida em subzonas ou agrupada em superzonas. Uma unidade bioestratigráfica qualquer (superzona, zona ou subzona) pode ser denominada genericamente de biozona (Antunes & Melo, *op. cit.*)

De acordo com Mendes (1984), quatro são os tipos de zonas mais empregados: Zona de Associação, Zona de Amplitude, Zona de Acme e Zona de Intervalo, sendo esta última a mais utilizada no presente trabalho.

Zona de Associação → Unidade bioestratigráfica caracterizada por uma associação de entidades taxonômicas que diferem das ocorrentes nas unidades inferior e superior.

Zona de Amplitude → Assim se denominam corpos de camadas que abrangem a distribuição vertical e horizontal de uma ou mais entidades taxonômicas.

Zonas de Acme ou Zona de Abundância → Corpo de rocha caracterizado por uma relativa abundância de uma ou mais entidades taxonômicas, geralmente de aplicação local.

Zonas de Intervalo → Corpo de rocha situado entre dois bio-horizontes, relacionados principalmente ao surgimento ou à extinção de entidades taxonômicas. Este é o tipo de zona que se destaca pela objetividade, no que se refere à identificação de seus limites.

Os foraminíferos aparecem no registro geológico desde o Cambriano e vem evoluindo e se diversificando até o Recente. Em síntese, foraminíferos aglutinantes e microgranulares regem a bioestratigrafia do Paleozóico. No Mesozóico inicial o domínio passa a ser dos foraminíferos bentônicos e, na parte final desta Era, surgem as formas planctônicas que predominam. O início do Cenozóico é marcado por um evento de extinção significativo, seguido de um *boom* populacional. A evolução dos mares propicia a disseminação das formas planctônicas que se distribuem e diversificam até o presente (Bignot, 1988). A bioestratigrafia do Pleistoceno/Holoceno, em particular, será discutida no capítulo 6.

4 ÁREA DE ESTUDO – BACIA DE CAMPOS

A bacia de Campos está localizada na margem continental sudeste brasileira e ocupa uma área de aproximadamente 100.000 km², abrangendo o sul do Estado do Espírito Santo e o nordeste do Estado do Rio de Janeiro, entre os paralelos 21°S e 23°S. É limitada em sua porção norte pelo Alto de Vitória, com a Bacia do Espírito Santo e ao sul pelo Alto de Cabo Frio, com a Bacia de Santos. Figura 1.

A importância da bacia de Campos se deve às suas reservas comprovadas de óleo e gás natural que, em 31 de dezembro de 2002, foram calculadas em 8,5 bilhões de barris de óleo e 125,3 bilhões de metros cúbicos de gás, respectivamente, totalizando, naquela data, 9,2 bilhões de barris de óleo equivalente - boe (óleo e gás). Este volume representa cerca de 84% da reserva do país: 11,01 bilhões de boe (disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/portal/tecnologia.htm>>).

Espalhados por quatro dezenas de campos de petróleo, estão em operação mais de mil poços de óleo e gás, 43 plataformas de produção fixas e móveis, 3.900 quilômetros de dutos submarinos, produção diária de mais de 1,25 milhão de barris de óleo e 18 milhões de metros cúbicos de gás natural, representando cerca de 80% e 40% da produção nacional, respectivamente (disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/portal/tecnologia.htm>>).

4.1 Evolução estratigráfica da bacia de Campos

A origem e a evolução tectono-estratigráfica da bacia de Campos assemelham-se às das demais bacias brasileiras da margem leste, cuja origem está relacionada com o rompimento do supercontinente Gondwana (Barbosa, 2002).

A bacia de Campos é embasada por rochas pré-cambrianas de natureza gnáissica, recobertas por derrames basálticos e camadas vulcanoclásticas eocretáceas da Formação Cabiúnas, datada entre 120 Ma e 130 Ma (Dias *et al.*, 1990), que constituem o assoalho de todo o preenchimento sedimentar da bacia.

Discordantemente com a Formação Cabiúnas se depositam as rochas barremianas e aptianas da Formação Lagoa Feia, que incluem conglomerados polimíticos, arenitos, folhelhos ricos em matéria orgânica, siltitos e coquinas, definindo

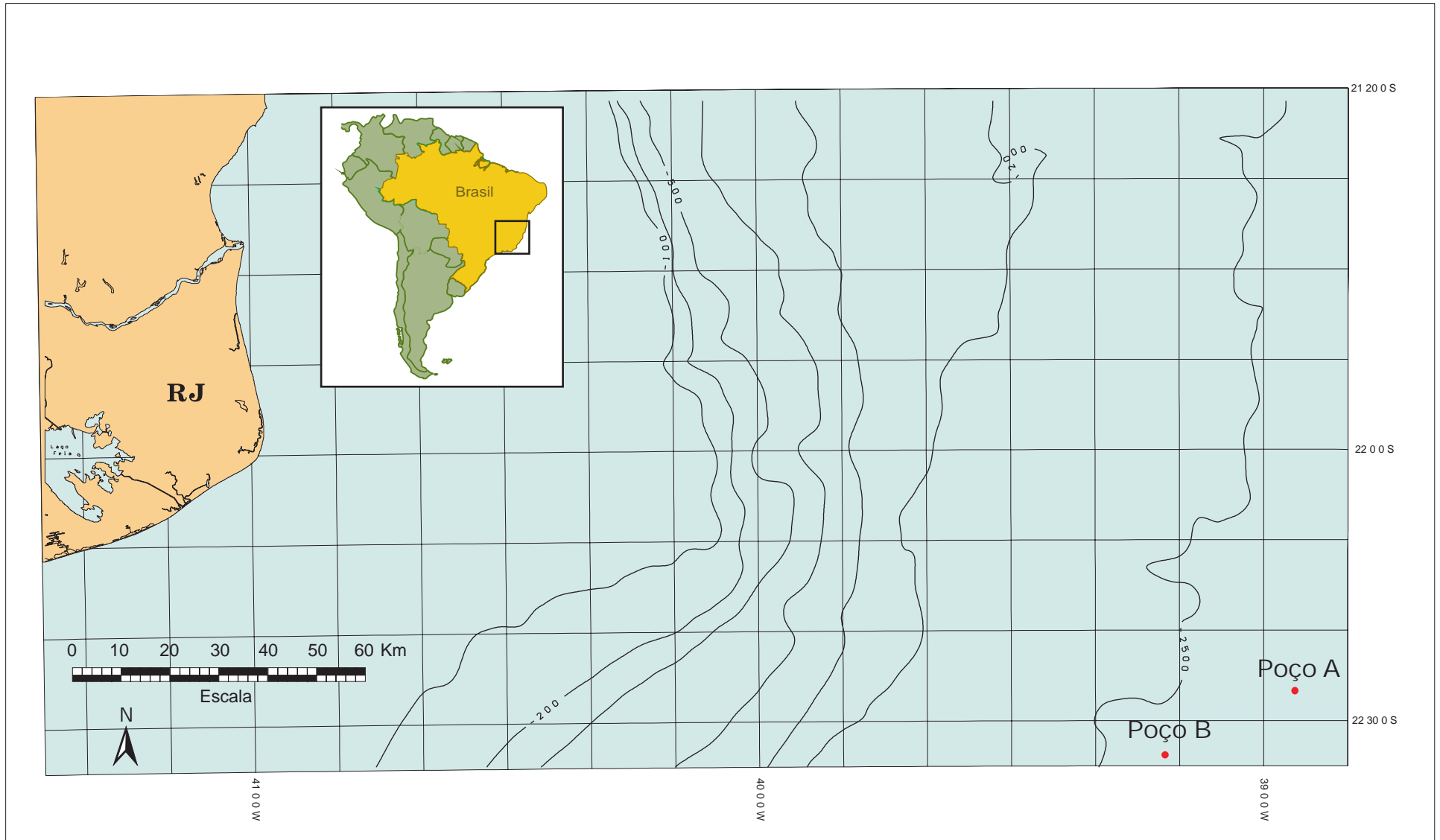


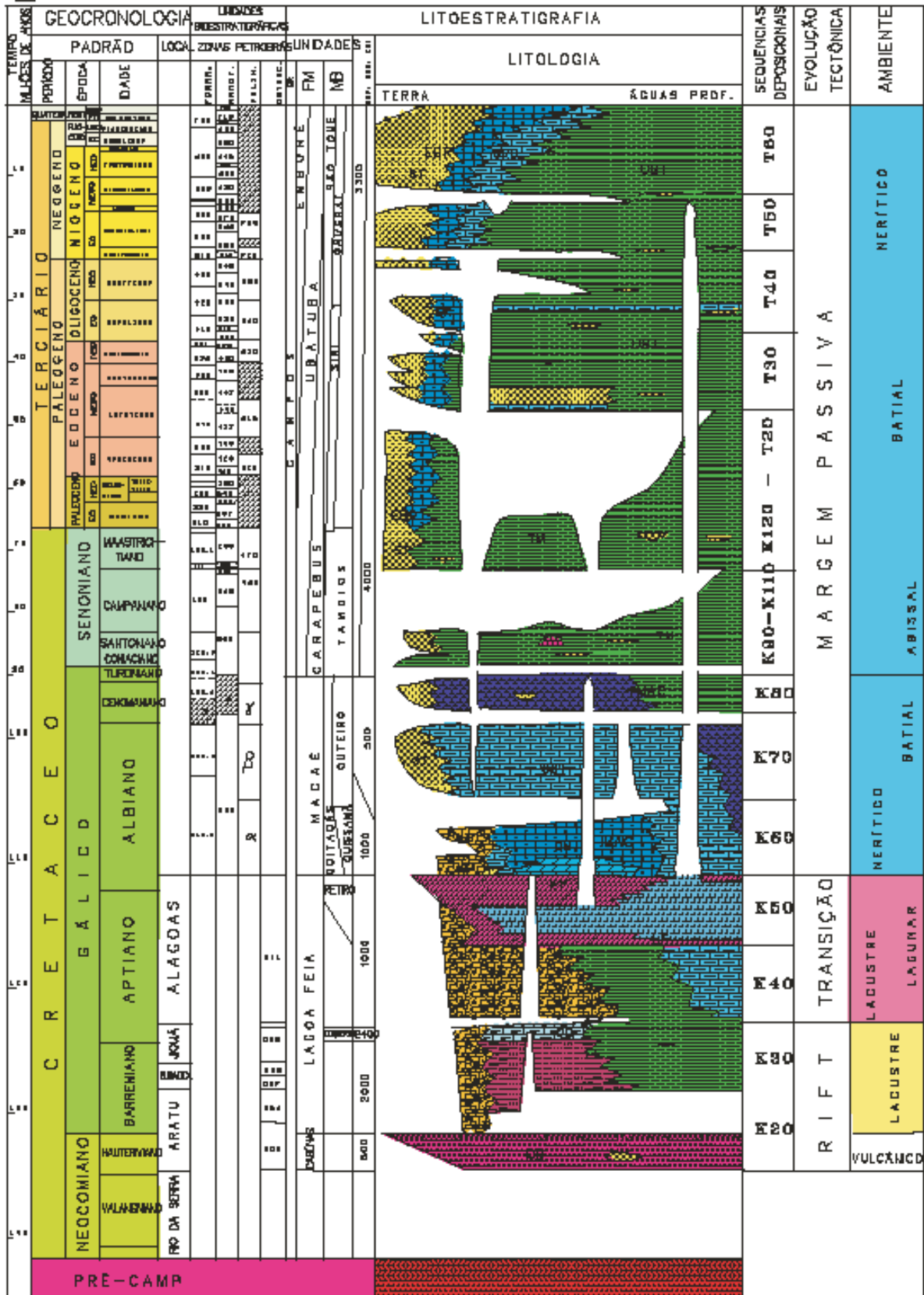
Figura 1: Mapa de Localização. Bacia de Campos, localizada na porção sudeste da margem continental brasileira.

uma seqüência completa de sedimentação lacustre. As coquinas formam camadas com espessuras entre 15 m e 50 m, nomeadas de Membro Coqueiros. O Membro Retiro que designa uma suíte evaporítica, apresentando intercalações rítmicas de anidrita e halita. Dos evaporitos deste Membro se originam grandes domos salinos, que perfuram boa parte das rochas sedimentares subjacentes.

Durante o intervalo Albiano-Cenomaniano, predominam as condições marinhas, quando são depositadas concordantemente com a Formação Lagoa Feia as rochas da Formação Macaé. O Membro Quissamã, informalmente chamado de Macaé inferior ou Macaé Água Rasa, consiste de calcarenitos e calcirruditos oolíticos, por vezes dolomitizados. A sucessão vertical inclui camadas de calcilutito, marga e folhelho, um pacote conhecido como Membro Outeiro. Corpos de areias turbidíticas que ocorrem isoladamente são chamados de Arenito Namorado. Na parte proximal da bacia, a Formação Macaé consiste em conglomerados e arenitos mal selecionados que caracterizam o Membro Goitacás.

O Grupo Campos representa o preenchimento pós-Cenomaniano na bacia e é caracterizado pela seção clástico-carbonática sobreposta aos carbonatos Macaé. Consiste em três unidades principais interdigitadas lateralmente. A unidade proximal, Formação Emboré, é caracterizada por arenitos e carbonatos impuros sobrepostos e lateralmente interdigitados com a Formação Ubatuba. Como resultado da atuação de correntes de turbidez em ambiente de talude e bacia, foram depositados os arenitos finos a conglomeráticos da Formação Carapebus. Depositada em ambiente francamente marinho, a Formação Ubatuba é composta por milhares de metros de folhelhos e margas, com corpos de areias turbidíticas intercalados, coletivamente conhecidos como Membro Carapebus. Figura 2.

CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DE CAMPOS
CAMPOS BASIN STRATIGRAPHIC CHART



H.D. RANGEL, 1993

Figura 2: Carta estratigráfica da bacia de Campos segundo Rangel (1993), disponível em <http://www.brasil-rouds.gov.br/geral/ATIV_secoes_e_cartas.asp>.

4.2 Pleistoceno/Holoceno (*Quaternário*) da bacia de Campos

A bacia de Campos possui uma plataforma continental arenosa e um talude argiloso, erodido por vários cânions. Mais de 70% desta bacia está em águas com profundidades acima de 200 m (Carminatti & Scarton, 1991, *apud* Viana *et al.*, 1998). A plataforma continental tem em média 100 km de largura e a quebra da plataforma varia de 80 m de lâmina d'água, na porção norte, até 130 m na parte Sul, com uma profundidade média de 110 m. O talude continental tem início na quebra da plataforma, próximo à isóbata de 120 m e terminando na isóbata de 2.000 m, na região do platô de São Paulo. O talude se estende por mais de 400 km, com um gradiente de inclinação médio de 2,5° (Viana *et al.*, 1998; Vicalvi, 1999).

A grande quantidade de areia acumulada no talude superior da bacia de Campos sugere que estes depósitos podem constituir excelentes reservatórios de hidrocarbonetos, caso fiquem preservados no registro geológico. Este tipo de preservação pode ser comprovada e observada no final do Neogeno da bacia de Campos através da análise de dados sísmicos (Viana & Faugères, 1998).

A hidrodinâmica do Atlântico Sul, em larga escala, não teve mudanças significativas desde, pelo menos, Oligoceno/Mioceno Inicial (Wright, 1991, *apud* Viana *et al.*, 1998), sendo assim os processos que atuam hoje podem, em termos gerais, ser extrapolados para tempos passados (Viana *et al.*, 1998).

Os principais controles da sedimentação atual da bacia de Campos incluem características fisiográficas, oceanográficas, padrões hidrodinâmicos e disponibilidade de sedimentos (Viana & Faugères, 1998; Viana *et al.*, 1998; Caddah *et al.*, 1998).

4.2.1 FISIOGRAFIA (Viana & Faugères, 1998)

A bacia de Campos é marcada pela similaridade entre a linha de costa atual e a quebra da plataforma. Grandes cânions submarinos foram desenvolvidos com uma tendência radial divergente a partir da projeção da margem. Tais cânions aliados a voçorocas são considerados os maiores condutos de sedimentos que alimentam ambientes profundos.

O limite da plataforma é marcado por: (i) vários quilômetros de bancos de carbonato que formam, localmente, altos topográficos; (ii) sistemas de voçorocas que escavam esta região; (iii) constante atuação de movimentos de massa. A quebra da plataforma é marcada por uma escarpa entre as isóbatas de 120 e 220 m atingindo, em determinado locais, mais de 14° de mergulho.

4.2.2 OCEANOGRAFIA (Viana *et al.*, 1998)

Fenômenos físicos oceânicos possuem diferentes escalas temporais e espaciais, e podem ser observados em todos os oceanos. Estes vários processos (muitos deles direcionados por fenômenos atmosféricos) levam a heterogeneidades na distribuição de propriedades e características das águas marinhas (Kamenkovich *et al.*, 1986, *apud* Viana *et al.*, 1998). Entre eles, a estratificação da coluna d'água em diferentes massas d'água com propriedades termodinâmicas particulares (temperatura, salinidade, etc.) e suas características de movimentação (componentes de velocidade e nível de superfície marinha) desempenham uma importante função na sedimentação.

As massas d'água podem ser divididas, verticalmente, em dois grupos principais: águas Superficiais e águas Profundas.

As águas superficiais são influenciadas principalmente por regimes de ventos anticiclônicos e compreendem duas massas d'água distintas: Águas Tropicais Superficiais (**STW = Superficial Tropical Water**) e Águas Centrais do Atlântico Sul (**SACW = South Atlantic Central Water**).

Enquanto as águas profundas, definidas assim por estarem abaixo da isóbata de 500m (termoclina), podem ser divididas em: Águas Antárticas Intermediárias (**AAIW = Antarctic Intermediate Water**); Águas Profundas Circumpolares (**CPDW = Circumpolar Deep Water**); Águas Profundas do Atlântico Norte (**NADW = North Atlantic Deep Water**) e; Águas de Fundo Antárticas (**AABW = Antarctic Bottom Water**).

4.2.3 HIDROGRAFIA (Viana & Faugères, 1998; Viana *et al.*, 1998)

A hidrografia da margem sudeste brasileira tem sido intensamente estudada. O limite da plataforma e o talude continental apresentam uma massa d'água estratificada

em múltiplas camadas com diferentes padrões de circulação. Adicionalmente, exercem influência nestes padrões fatores como: correntes de fundo relacionadas à maré, ondas de tempestade de alta amplitude, redemoinhos e o meandramento da Corrente do Brasil (**BC = Brazil Current**).

A circulação superficial pode ser separada em correntes de plataforma e a Corrente do Brasil (BC).

Correntes de plataforma são o resultado da combinação de fatores meteorológicos e de maré, que agem sobre as águas plataformais.

A Corrente do Brasil é um corpo d'água que flui em sentido sul, direcionada pela ação dos ventos. A margem interna desta corrente coincide grosseiramente com a quebra da plataforma. A Corrente do Brasil possui uma corrente contrária para Norte, a Corrente Contrária do Brasil (**BCC = Brazil Counter-Current**), que flui abaixo das isóbatas de 350 e 400 m, e constitui uma massa d'água conhecida como Águas Centrais do Atlântico Sul (SACW).

4.2.4 SEDIMENTOLOGIA (Caddah *et al.*, 1998)

O Pleistoceno/Holoceno do talude da bacia de Campos é em sua maioria composto por lamas siliciclásticas com baixo conteúdo carbonático e com matéria orgânica. Laminações e gradação normal nas lamas siltosas e siltes sugerem que a sedimentação é dominada por correntes turbidíticas diluídas. Tais lamas siliciclásticas são intercaladas com finas camadas de areia turbidítica. O espalhamento de areias lamosas plataformais bioturbadas ocorrem no talude médio e superior, e lamas hemipelágicas e margas no talude inferior.

O talude apresenta uma taxa de sedimentação em média variando de 26 a 2 cm/Ka do talude superior para o inferior; e esta mesma taxa variando de 98 a 74 cm/Ka do talude médio para o talude inferior.

Condições paleoclimáticas, de acordo com análise de foraminíferos, demonstram que os principais episódios de transferência de sedimentos arenosos da plataforma externa para o talude superior e médio ocorreram durante o início do Holoceno, no final da biozona glacial Y e durante um intervalo glacial similar dentro da biozona interglacial

X. Depósitos de movimentos de massa, incluindo amplas unidades de escorregamentos (*slumps*) e discretas camadas de fluxo de detritos (*debris flow*), são associadas com períodos de nível de mar baixo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material de estudo – testemunhos

Foram analisadas neste estudo 85 amostras provenientes de dois testemunhos a pistão (Tabela 1) perfurados sob encomenda da Agência Nacional do Petróleo (ANP), durante o ano de 1998, pelo Navio Oceanográfico UltratecII, na região de talude continental da bacia de Campos (Figura 1). Estes testemunhos encontram-se atualmente sob custódia da PETROBRAS (Barbosa, 2002).

Os testemunhos a pistão são amostrados em um tubo que penetra sedimentos marinhos ou lacustres por métodos hidráulicos, ao invés de introduzidos por gravidade ou tração (Allaby & Allaby, 1990). Tais testemunhos são perfurados através de um testemunhador oceanográfico de forma tubular dotado de um pistão no interior do cilindro, que produz um efeito de sucção, reduzindo a fricção durante a sondagem. (Bates & Jackson, 1987).

Tabela 1 – Testemunhos a pistão do talude continental da bacia de Campos utilizados neste trabalho.

TESTEMUNHO	RECUPERADO (m)	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	BATIMETRIA (m)
A	4,26	22°26'42"S – 38°56'17"W	2.145
B	4,27	22°33'48"S – 39°11'44"W	2.577

Os testemunhos foram descritos no Laboratório de Testemunhos da gerência de Tecnologia de Rochas (TRO) do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES/PETROBRAS). As fácies sedimentares caracterizadas e suas descrições encontram-se resumidas nos anexos A, B e C, segundo as denominações utilizadas pela PETROBRAS (Caddah, 1991; Caddah *et al.*, 1992, *apud* Barbosa, 2002). Apesar do uso da descrição padrão da PETROBRAS para as litofácies, as cores associadas foram escolhidas arbitrariamente para efeito de melhor representação gráfica nas figuras.

5.2 Amostragem e tratamento das amostras

A subamostragem dos testemunhos contou com a retirada de 10 cm³ de sedimentos por amostra ao longo dos testemunhos, preferencialmente espaçados em intervalos regulares de 10 cm (Barbosa, 2002).

O tratamento das amostras seguiu a metodologia padrão para microfósseis calcários. As amostras foram preparadas no Laboratório de Microfauna da gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia (BPA) do CENPES (Barbosa, 2002).

Na fase de triagem, as amostras foram peneiradas a seco com malha de 125 e 250 µm e quarteadas, quando necessário, até que se chegasse a um número mínimo representativo da fauna de 300 indivíduos, tanto bentônicos quanto planctônicos (Chang, 1967).

As carapaças foram analisadas com auxílio de lupa binocular, no Laboratório de Análise Micropaleontológica (MicroCentro), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). As fotomicrografias foram tomadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), no CENPES.

5.3 Análise quantitativa e qualitativa

Foram identificadas e classificadas taxonomicamente somente as espécies de foraminíferos relevantes para o biozoneamento do Neogeno Superior, segundo Ericson & Wollin (1968), Kennett & Huddlestun (1972), Prell & Damuth (1978), Thunel (1984), Martin *et al.* (1990), Duleba *et al.* (2003), e especificamente para a bacia de Campos, neste mesmo intervalo de tempo, Vicalvi (1997,1999).

A taxonomia adotada no presente trabalho apoiou-se em Loeblich & Tappan (1988) e Bolli & Saunders (1985). A maioria das carapaças analisadas encontra-se em perfeito estado de conservação.

As espécies selecionadas para análise bioestratigráfica foram: *Globorotalia menardii* (Parker, Jones & Brady), *Globorotalia tumida* (Brady), *Globorotalia fimbriata* (Brady), *Globorotalia flexuosa* (Koch), *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker & Jones), *Pulleniatina primalis* Banner & Blow, *Pulleniatina finalis* Banner & Blow, *Globorotalia*

inflata (d'Orbigny), *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) e *Globorotalia crassaformis* (Galloway & Wissler). Vide estampas I e II, anexo D.

As globorotalias “menardiformes” constituem um grupo de espécies do gênero *Globorotalia* que possui feições morfológicas em comum com a espécie *G. menardii*, neste trabalho denominado de plexo *G. menardii*, seguindo Stainforth *et al.* (1975), *apud* Vicalvi (1999). O plexo *G. menardii*, por sua particular sensibilidade à temperatura, reúne algumas das mais importantes espécies indicadoras de águas quentes: *G. menardii*, *G. tumida*, *G. flexuosa* e *G. fimbriata* (não encontrada nos testemunhos analisados). Representa um elemento estratégico para a subdivisão estratigráfica do final do Neogeno, uma vez que sua presença caracteriza intervalos de tempo climaticamente quentes e, conseqüentemente, sua ausência é associada a períodos glaciais (Vicalvi, 1997 e 1999).

O gênero *Pulleniatina* é planctônico típico de águas quentes, controlado pela temperatura e principalmente pela salinidade (Jones, 1966, 1967; Parker, 1967, Bé & Tolderlund, 1971; Cifelli & Beniér, 1976, *apud* Vicalvi, 1999) Este gênero parece apresentar uma maior tolerância a águas relativamente mais frias do que o plexo *G. menardii* (Prell & Damuth, 1978). O plexo *Pulleniatina* utilizado neste trabalho envolve três espécies: *P. primalis*, *P. obliquiloculata* e *P. finalis*. Este grupo não foi classificado em nível específico.

A espécie *G. inflata* é indicativa de águas temperadas/frias e tem sido muito utilizada para melhorar a resolução estratigráfica dos episódios glaciais do Pleistoceno (Bé & Tolderlund, 1971, *apud* Vicalvi, 1999; Boltovskoy, 1973, *apud* Duleba *et al.*, 2003; Kennett & Huddlestun, 1972; Thunnel, 1984; Martin *et al.*, 1990). *G. truncatulinoides* é outra espécie de foraminífero planctônico utilizada como indicadora de águas frias para o Atlântico Sul (Reiss *et al.*, 1971; Boltovskoy, 1973, Bé *et al.*, 1976; Vicalvi, 1997; Vicalvi & Palma, 1980, *apud* Vicalvi, 1999; Martin *et al.*, 1990; Duleba *et al.*, 2003).

Segundo Kennett & Huddlestun (1972) que estudaram testemunhos do Golfo do México, *G. crassaformis* atinge suas maiores freqüências durante intervalos moderadamente frios, ou seja, transicionais, e é geralmente ausente durante os períodos de frio mais rigorosos. De acordo com Vicalvi (1999), para a bacia de Campos os picos de mais altas freqüências de *G. crassaformis* não mostraram uma relação

muito clara com distintas temperaturas, embora possa ser notada uma tendência para águas mais frias.

De acordo com Martin (1989, *apud* Martin *et al.*, 1990), tanto o plexo *G. menardii*, quanto as espécies *G. inflata* e *G. truncatulinoides* com enrolamento dextral e sinistral, podem ser usadas com sucesso para subdivisões estratigráficas no Atlântico, Mar do Caribe e Golfo do México.

Segundo Duleba *et al.* (2003), para regiões de plataforma e talude, o controle estratigráfico ao longo de testemunhos, pode ser obtido por meio de: (i) curvas paleoclimáticas construídas com base na frequência relativa das espécies indicadoras de águas quentes e frias, como a *G. menardii*; (ii) desaparecimentos e reaparecimentos de determinadas espécies de foraminíferos planctônicos, como *P. obliquiloculata*; (iii) mudança no sentido de enrolamento das câmaras de determinadas espécies planctônicas de foraminíferos, como *G. truncatulinoides* entre outros.

Uma vez identificadas e contadas, as espécies foram utilizadas para a determinação de associações que definissem um intervalo característico (biozona). Com a(s) biozona(s) identificada(s) ao longo dos dois testemunhos analisados segue-se uma correlação entre eles. As interpretações bioestratigráficas serão discutidas no capítulo 8.

Foram analisadas 33 amostras da fração acima de 250 μm para o poço A. Destas, nove amostras foram também analisadas para a fração acima de 125 μm ; e 43 amostras da fração acima de 250 μm para o poço B, totalizando 85 amostras analisadas.

5.4 Comparação entre diferentes malhas de peneira (125 μm X 250 μm)

Foi realizada uma comparação entre nove amostras preparadas com peneiras de diferentes malhas, objetivando a avaliação da influência da malha da peneira nas interpretações finais. Os resultados desta comparação encontram-se no capítulo 7 item 7.1.

Por ser um trabalho fundamentado na análise foraminíferos planctônicos, a escolha do tamanho das peneiras recaiu sobre as malhas de 125 μm e 250 μm . No

caso de estudos baseados em foraminíferos bentônicos, em virtude de haver espécies de tamanho diminuto (quando comparadas aos planctônicos), a malha indicada seria 62 μm e o processo de triagem seria diferente, para não haver perda de espécies.

5.5 Correlação gráfica

A Correlação Gráfica é um método quantitativo (Wescott *et al.*, 1998), com o qual é possível obter dados mais precisos com relação à taxa de sedimentação, duração de hiatos e descontinuidades estratigráficas e desta maneira estabelecer a evolução estratigráfica dos sedimentos que compõem os testemunhos analisados.

O processo de correlação gráfica envolve: (i) confrontar duas seções estratigráficas de idades similares nos eixos coordenados x e y e projetar as associações fossilíferas observadas em ambas as seções numa linha de correlação (**LOC = Line of Correlation**) para fazer precisas correlações, Figura 3a; (ii) confrontar as variações observadas de somente uma seção estratigráfica contra um padrão composicional de fósseis escalonados em unidades cronoestratigráficas, Figura 3b (Wescott *et al.*, 1998).

Esse padrão é construído combinando-se associações de fósseis definidas com base em diversas seções estratigráficas, sendo que quanto mais grupos de fósseis forem adicionados, mais preciso se torna o padrão. Tal padrão pode ser definido tanto localmente, no caso do estudo de uma bacia específica, quanto regionalmente, caso haja necessidade de correlações entre bacias sedimentares de diferentes partes do mundo (Wescott *et al.*, 1998).

A LOC reflete a taxa mínima de sedimentação; quanto mais inclinada maior será o valor da taxa, ou seja, grande quantidade de sedimento sendo depositada em um pequeno espaço de tempo. Contrariamente, quanto mais suave for a curva, menor será a taxa de sedimentação, representando um longo intervalo de tempo com pouca deposição. LOC horizontal significa período sem deposição.

A taxa de sedimentação representada pela LOC é mínima porque a espessura de rocha preservada pode corresponder: (i) ou à quantidade exata de sedimentos depositados, neste caso a taxa calculada seria igual à taxa real de sedimentação; (ii) ou à quantidade de sedimento que restou após um ou mais eventos erosivos, neste caso a

taxa calculada seria menor do que a real, mas representaria o valor mínimo de sedimentação.

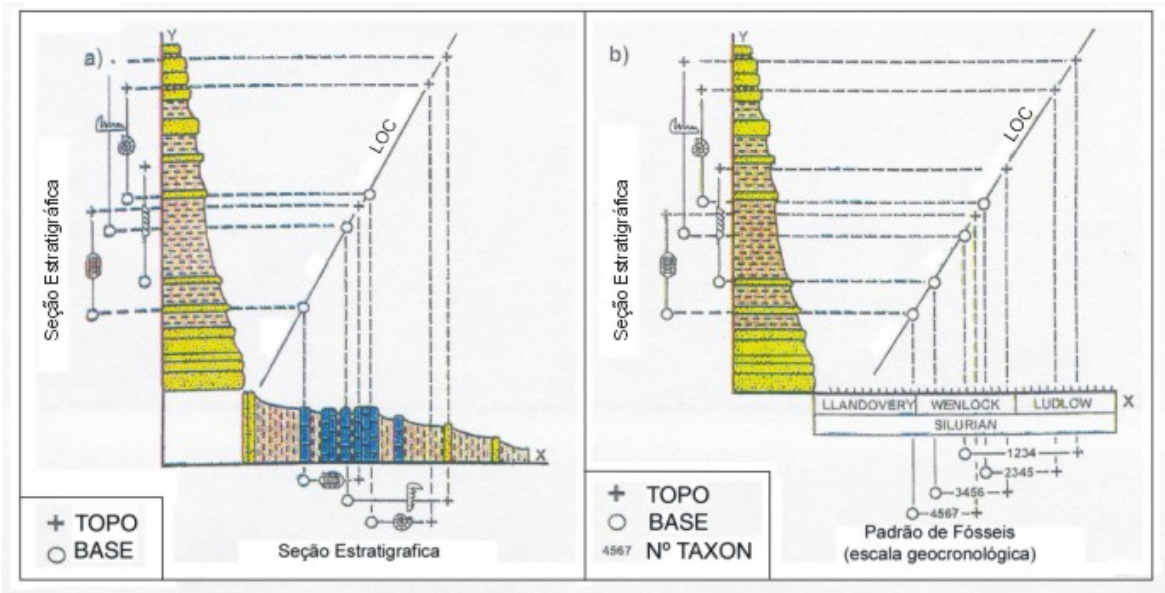


Figura 3: (a) Correlação Gráfica pode ser usada para comparar duas seções estratigráficas e (b) comparar uma seção estratigráfica contra um padrão composicional de fósseis. Modificado de Wescott et al. (1998).

6 BIOESTRATIGRAFIA DO PLEISTOCENO/Holoceno (QUATERNÁRIO)

6.1 Histórico

Estudos sobre foraminíferos sub-recentes e fósseis do extinto período Quaternário, têm sido realizados no Brasil desde as décadas de 1950 e 1960, quando Ericson *et al.* (1956, 1963, 1964, *apud* Duleba *et al.*, 2003) e Ericson & Wollin (1968), analisaram testemunhos coletados em regiões de oceano profundo do Atlântico, para identificar períodos glaciais (Duleba *et al.*, 2003).

Um dos primeiros zoneamentos do Pleistoceno/Holoceno foi proposto por Ericson & Wollin (1968) que, motivados pela falta ou descontinuidade do registro geológico continental, decidiram explorar as bacias oceânicas, convictos de que os sedimentos marinhos oferecem uma alternativa aproximada. Segundo os autores, a sedimentação contínua e lenta de partículas muito finas e a presença de microorganismos sensíveis a alterações climáticas junto aos sedimentos marinhos promovem um mecanismo ideal para o registro geológico. Os autores tinham o objetivo de determinar o limite Plioceno-Pleistoceno e a duração desta última época glacial. Para tal foram estudados 10 testemunhos, coletados no Golfo do México, Mar do Caribe e Oceano Atlântico, pertencentes à coleção do Lamont Geological Observatory.

Foram definidas quatro zonas glaciais e três interglaciais, baseadas na variação da frequência do plexo *G. menardii* (*G. menardii*, *G. tumida* e *G. flexuosa*) e na variação na direção de enrolamento de *G. truncatulinoides*. São elas: Q (glacial); R (interglacial); S (glacial); T (interglacial); U (glacial); V (interglacial); W-X-Y (glacial) e; Z (pós-glacial).

O limite Plioceno-Pleistoceno, segundo Ericson & Wollin (1968) é marcado pela extinção do gênero de nanofóssil calcário *Discoasteridae* e pelo primeiro aparecimento de *G. truncatulinoides* em abundância. Este limite é datado em 2 milhões de anos antes do presente por paleomagnetismo.

Prell & Damuth (1978) definiram o desaparecimento da *Pulleniatina obliquiloculata* (foraminífero planctônico) na zona Y de Ericson & Wollin (1968) como o bio-horizonte *P. obliquiloculata*, designado **Y_{P.obliq.}**. Este bio-horizonte divide a zona Y aproximadamente no meio e é transgressivo no tempo, com idades variando de aproximadamente 60 Ka

AP no Golfo do México, para 50 Ka AP no Caribe Ocidental até 35 Ka AP para o Atlântico Equatorial. Esse diacronismo deve-se a mudanças climáticas e ambientais no Oceano Atlântico.

No sentido de refinar as zonas propostas por Ericson & Wollin (1968), Martin *et al.* (1990) estudaram testemunhos do Ocean Drilling Program (ODP), do Golfo do México, Mar do Caribe e Oceano Atlântico. Utilizando a abundância relativa do plexo *G. menardii* e de *G. inflata*, suplementada por variações no enrolamento de *G. truncatulinoides*, subdividiram as zonas pleistocênicas anteriores à zona W de Ericson & Wollin (*op. cit.*) em 16 subzonas, resultando em uma duração média de 100.000 anos por unidade, fornecendo uma resolução significativamente superior à proposta anteriormente, que era em média de 300.000 anos por unidade.

Destaca-se em importância para este trabalho o zoneamento proposto por Vicalvi (1999), pois além de ser um trabalho pioneiro no Brasil, trata do Pleistoceno e Holoceno do talude da bacia de Campos.

Segundo Vicalvi (1999), o limite Pleistoceno/Holoceno e limites entre zonas e subzonas do Pleistoceno podem ser obtidos por meio do controle presença/ausência/abundância relativa do plexo *G. menardii* (*G. menardii*, *G. tumida*, *G. flexuosa* e *G. fimbriata*). Também são considerados valores percentuais de *G. inflata* e *G. truncatulinoides*, controle dos desaparecimentos e reaparecimentos do plexo *Pulleniatina* (*P. primalis*, *P. obliquiloculata* e *P. finalis*) durante os últimos 175 Ka e o desaparecimento de *G. flexuosa*.

De acordo com Vicalvi (1999), as subdivisões do Pleistoceno são baseadas em episódios adicionais de aparecimentos e desaparecimentos de determinadas espécies de foraminíferos planctônicos, representando simplesmente eventos migracionais não-evolucionários ou a resposta a mudanças climáticas, comumente de significado regional. Um exemplo disto é o caso do desaparecimento de *G. flexuosa* no final do último episódio interglacial (Kennett & Huddleston, 1972; Thunell, 1984) e dos desaparecimentos e reaparecimentos de *P. obliquiloculata* nos últimos 175 Ka (Prell & Damuth, 1978).

A partir das zonas propostas por Ericson & Wollin (1968), Vicalvi (1999) reconheceu 18 distintas subzonas de foraminíferos planctônicos, desde a parte superior

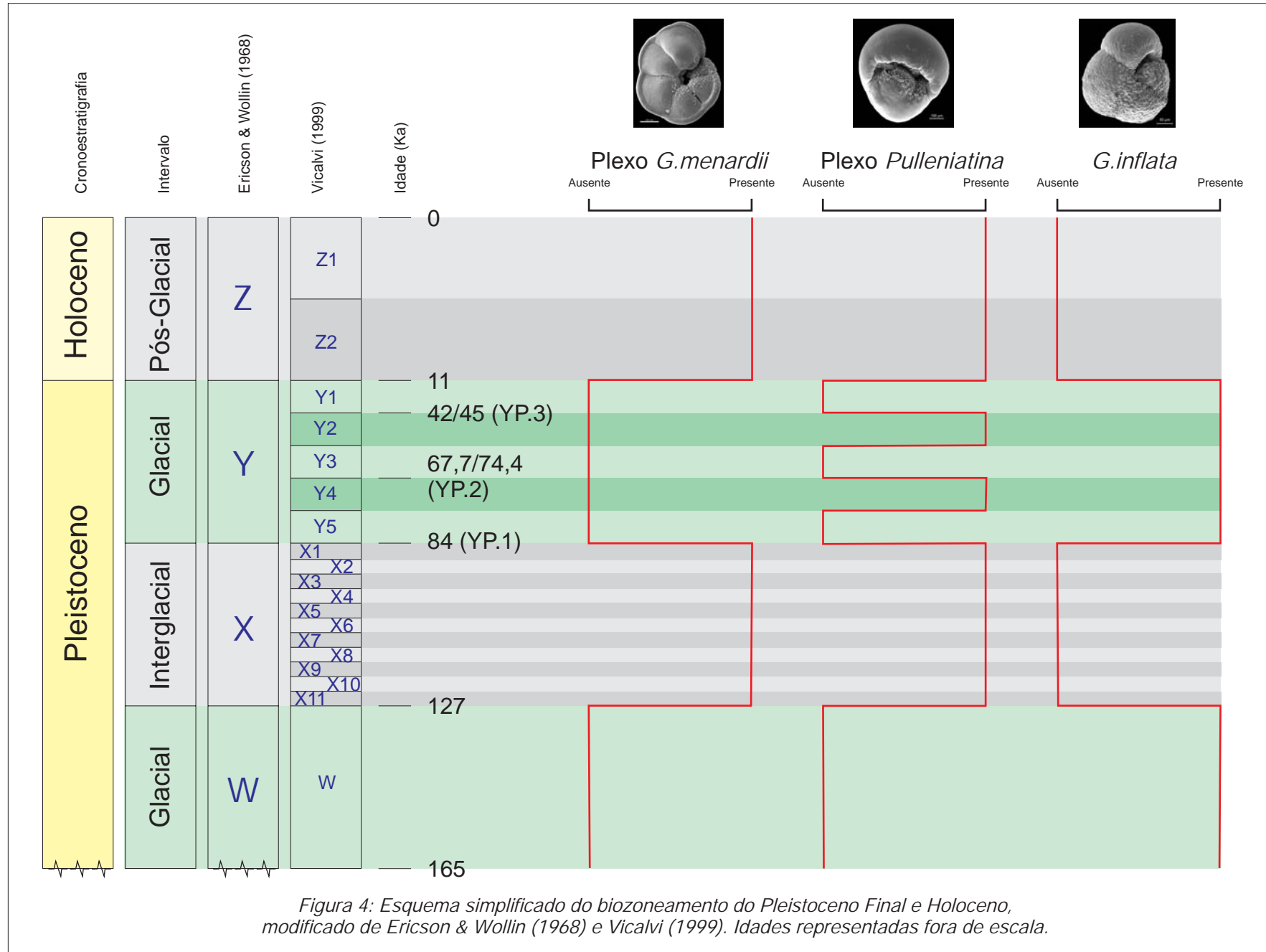
da zona W até o presente (zona Z). A variação percentual do plexo *G. menardii* em relação à fauna total de foraminíferos planctônicos permitiu a subdivisão da zona X (último episódio interglacial) em onze subzonas (X1 a X11) e a divisão da zona Z (pós-glacial) em duas subzonas (Z1 e Z2). O controle da frequência do plexo *Pulleniatina* fundamentou a divisão da zona Y (último episódio glacial) em cinco subzonas (Y1 a Y5).

6.2 Refinamento bioestratigráfico para a bacia de Campos (Vicalvi, 1999)

No presente estudo foram identificadas as zonas W, X, Y e Z de Ericson & Wollin (1968) e as subzonas X3, X1, Y4, Y3, Y2, Y1 de Vicalvi (1999), sintetizadas a seguir. Vale ressaltar que o termo zona neste trabalho é usado no sentido bioestratigráfico, sem nenhuma relação com o tempo (Vicalvi, *op. cit.*). Um esquema simplificado com o biozoneamento (baseado em foraminíferos planctônicos) do Pleistoceno Final e Holoceno está representado na figura 4.

Zona W (Pleistoceno) → Representa um intervalo glacial de curta duração, 38.000 anos. Os limites inferior (V/W) e superior (W/X) foram determinados radiometricamente em **165 Ka e 127 Ka** antes do presente, respectivamente (Broecker & Van Donk, 1970, *apud* Vicalvi, 1999). Esta zona é distinguida pela ausência ou pelos percentuais muito baixos de formas de águas quentes como as menardiformes e *Pulleniatina*, e pela ausência de *G. flexuosa*. As formas de águas frias *G. inflata* e *G. truncatulinoides* são constantes e estão presentes em proporções aproximadamente iguais. A zona está marcada também pela presença constante de *G. crassaformis*.

Zona X (Pleistoceno) → Esta unidade se estende de **127 Ka a 84 Ka** antes do presente (Broecker & Van Donk, 1970; Damuth, 1973, 1975; Prell, 1974, *apud* Vicalvi, 1999) e representa um episódio relativamente quente (interglacial), com a ocorrência de curtos períodos mais frios. Caracteriza-se pela consistente presença do plexo *G. menardii*, incluindo *G. flexuosa* como espécie mais importante do grupo, associado a outras formas indicativas de águas quentes como o plexo *Pulleniatina*. As espécies indicativas de águas frias, *G. inflata* e *G. truncatulinoides*, são registradas com algum significado em determinados intervalos. Decresce o número de *G. crassaformis* em



relação à zona W. O topo é marcado pelo desaparecimento das menardiformes e pela última ocorrência de *G. flexuosa* (Kennett & Huddleston, 1972), evento datado em 84 Ka AP (Damuth, 1973 e 1975; Prell, 1974, *apud* Vicalvi, 1999).

Oscilações nos percentuais das espécies menardiformes, causadas por curtos períodos mais frios, possibilitaram a divisão desta Zona em 11 subzonas. As subzonas identificadas com números ímpares (X1, X3, X5, X7, X9 e X11) apresentam os maiores percentuais de menardiformes (acima de 5%) e representam os períodos mais quentes dentro da última interglacial, contrariamente às subzonas identificadas com números pares (X2, X4, X6, X8 e X10), que representam intervalos de clima mais frio (percentuais de menardiformes abaixo de 5%).

Zona Y (Pleistoceno) → Esta zona reflete o último episódio glacial, com duração de **84 Ka** (Damuth, 1973, 1975; Prell, 1974, *apud* Vicalvi, 1999) a **11 Ka** antes do presente (Broecker *et.al.*, 1960, *apud* Vicalvi, 1999). É subdividida por Vicalvi (1999) em cinco subzonas (Y1 a Y5), com base no desaparecimento e reaparecimento do plexo *Pulleniatina*. Caracteriza-se também pela ausência do plexo *G. menardii* e pela alta frequência das formas de águas frias *G. inflata* e *G. truncatulinoides*. *G. crassaformis* está presente na parte mais basal e na parte superior do intervalo.

Zona Z (Holoceno) → Intervalo pós-glacial, **11 Ka até o recente** (Broecker *et.al.*, 1960, *apud* Vicalvi, 1999), assinala o retorno de águas oceânicas mais quentes, após o último período glacial. É caracterizado pela presença do plexo *G. menardii* (com destaque para *G. tumida*) e pela ausência ou fraca expressão de *G. inflata*. *G. truncatulinoides* só tem significado próximo ao limite com o Pleistoceno, tornando-se um dos seus indicadores; a espécie que só ocorre no Holoceno (*G. fimbriata*) está representada. *G. crassaformis* apresenta-se, em geral, com baixos percentuais. Esta zona é dividida em duas subzonas, Z2 e Z1. A primeira apresenta percentuais do plexo *G. menardii* para fauna total entre 3% e 7% e a segunda entre 1% e 3%.

6.3 Dátuns utilizados

Além dos zoneamentos e subzoneamentos identificados pelo controle de frequência dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*, existem outros eventos bioestratigráficos de natureza não evolucionária ou de restrito uso regional que fornecem meios adicionais de qualidade para a subdividir o Pleistoceno (Vicalvi, 1999), e utilizados no presente trabalho.

6.3.1 DESAPARECIMENTO DE Globorotalia flexuosa

Um evento distinto e valioso para a correlação entre testemunhos é o desaparecimento de *G. flexuosa*, que ocorre no final do último episódio interglacial do Pleistoceno (Kennett & Huddleston, 1972), datado por Damuth (1973 e 1975, *apud* Vicalvi, 1999) e Prell (1974, *apud* Vicalvi, *op. cit.*) em **84 Ka AP** e considerado verdadeiro por Vicalvi (*op. cit.*) para a bacia de Campos.

O desaparecimento de *G. flexuosa* no topo da zona X não é um evento evolucionário, já que existem indivíduos desta espécie vivendo atualmente em diversas áreas oceânicas, segundo Boltovskoy (1968), Bé & McIntyre (1970), Adegoke *et. al.* (1971) e Adelseck Jr. (1975), *apud* Vicalvi (1999). Portanto, é possível o aparecimento isolado de indivíduos de *G. flexuosa* após a zona X. Para estes, Adelseck Jr. (1975), *apud* Vicalvi (1999) recomenda o uso do nome informal *Globorotalia menardii* forma *neoflexuosa*.

6.3.2 BIO-HORIZONTES Pulleniatina obliquiloculata

O plexo *Pulleniatina* fornece três dátuns para a bacia de Campos, identificados e datados por Vicalvi (1999).

Vicalvi (1999) confirmou o bio-horizonte *P. obliquiloculata* ($Y_{P.obliq}$) de Prell & Damuth (1978) e identificou a existência de outros dois desaparecimentos do plexo *Pulleniatina* dentro da zona Y, referidos como: YP.1, YP.2 e YP.3.

YP.1 → primeiro bio-horizonte *P. obliquiloculata* – para o primeiro desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, coincidente com o final do último episódio interglacial, no limite entre as zonas X (X_1) e Y (Y_5), com idade de **84 Ka AP**.

YP.2 → segundo bio-horizonte *P. obliquiloculata* – para o segundo desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, no limite entre as subzonas Y₄ e Y₃, com idades variando entre **74,4 Ka e 67,7 Ka AP**.

YP.3 → terceiro bio-horizonte *P. obliquiloculata* – para o terceiro e último desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, no limite entre as subzonas Y₂ e Y₁, ou antigo bio-horizonte *P. obliquiloculata* de Prell & Damuth (1978), com idades variando entre **45 Ka e 42 Ka AP**.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Resultado da comparação entre diferentes malhas de peneira (125 μm x 250 μm)

Observou-se que apesar das amostras preparadas com peneiras de 125 μm apresentarem uma quantidade muito maior de foraminíferos, as amostras preparadas com malha de 250 μm se mostraram muito mais abundantes nas espécies relevantes para o biozoneamento do Pleistoceno/Holoceno, portanto mais eficientes, possibilitando maior precisão na definição das zonas e subzonas. Figura 5.

Com base nessas observações, todas as amostras restantes foram avaliadas em sua fração acima de 250 μm , conforme metodologia utilizada por Vicalvi (1999). Este autor apresentou como resultado final os dados da fração acima de 250 μm após ter analisado resíduos proveniente de ambas malhas de peneira.

Poço A

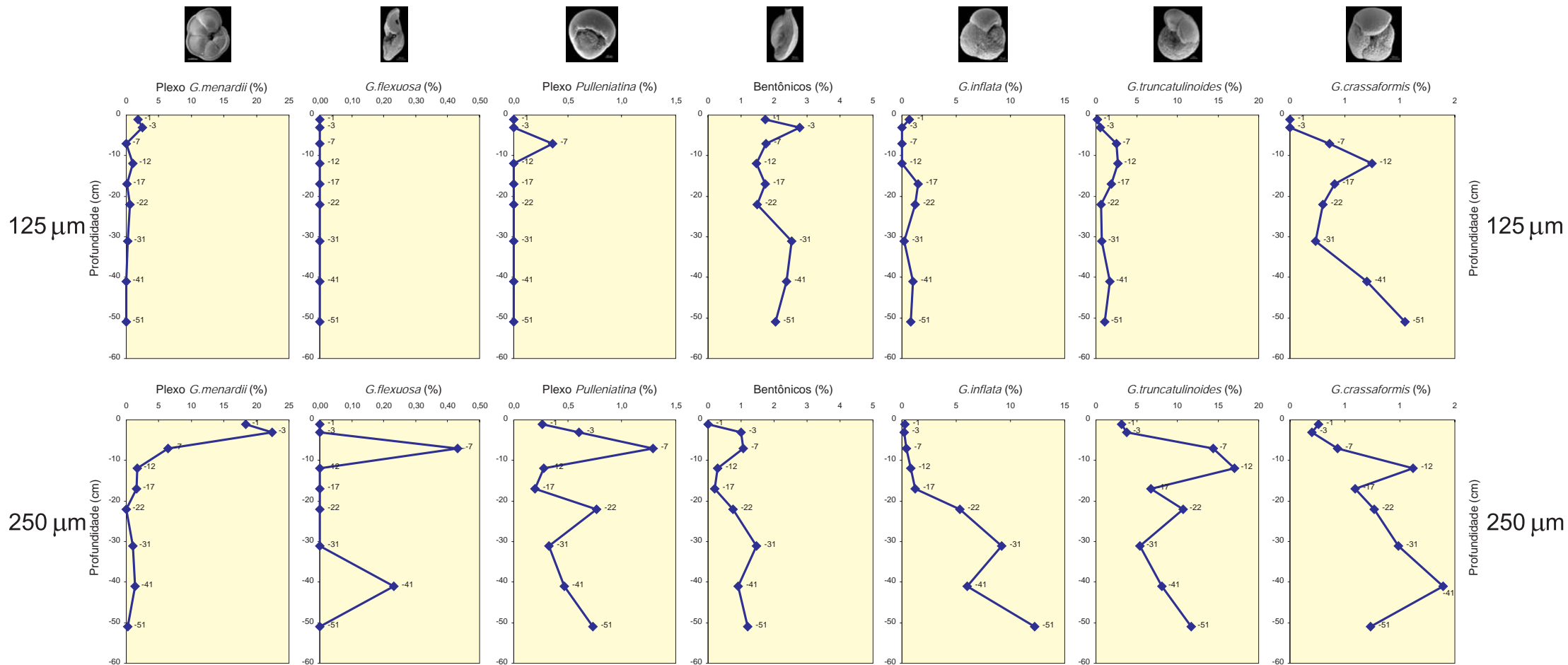


Figura 5: Comparação entre nove amostras preparadas com diferentes malhas (125 e 250 μm) para o poço A. Frequência dos grupos de foraminiferos diagnósticos das biozonas.

7.2 Descrição dos testemunhos

A etapa inicial do trabalho (descrita no capítulo 4) foi a identificação, classificação e contagem das espécies relevantes para estudos bioestratigráficos do Pleistoceno/Holoceno, para todas as amostras dos dois testemunhos. A partir destes dados, foram gerados gráficos com a frequência relativa (%) de cada espécie, abrangendo todas as amostras do testemunho (Anexos A e B).

A frequência relativa de foraminíferos planctônicos foi calculada dividindo-se o número de indivíduos de cada espécie numa determinada amostra pelo número total de foraminíferos planctônicos desta mesma amostra.

A frequência relativa de foraminíferos bentônicos foi calculada dividindo-se o número de exemplares bentônicos pelo número total de foraminíferos (planctônicos + bentônicos), para cada amostra.

Ao todo foram gerados sete gráficos para cada poço, relacionados:

- (i) aos grupos: plexo *G. menardii*, plexo *Pulleniatina* e foraminíferos bentônicos e;
- (ii) às espécies: *G. flexuosa*, *G. inflata*, *G. truncatulinoides* e *G. crassaformis*. Figuras 6, 7, A1 e A3.

A frequência de foraminíferos bentônicos foi utilizada como indicador de remobilização de sedimentos, uma vez que o material analisado é proveniente de águas profundas onde a sedimentação padrão é composta por mais de 90% de formas planctônicas.

Apesar da análise de sete gráficos diferentes, as curvas fundamentais para as interpretações propostas neste trabalho foram: plexo *G. menardii*, plexo *Pulleniatina*, *G. inflata* e foraminíferos bentônicos. As demais foram utilizadas como complemento.

Na primeira fase do trabalho as biozonas foram interpretadas com base nas variações das curvas. Na segunda etapa o limite das biozonas foi ajustado de acordo com a litologia dos testemunhos.

7.2.1 POÇO A

No Poço A foram identificadas as biozonas W, X, Y (Pleistocênicas) e Z (Holocênica) de Ericson & Wolin (1968) e Vicalvi (1997, 1999) e as subzonas Y2 e Y1 de Vicalvi (1999). Tal interpretação é detalhada a seguir e pode ser acompanhada na figura 6.

ZONA W

A biozona W se estende da base do testemunho até 270 cm de profundidade. Não foi possível a identificação da base desta zona. O testemunho está dentro do contexto da biozona W desde sua amostra mais basal (425 cm). No topo a zona é limitada por uma discordância litológica que separa um pacote arenoso de uma espessa camada de lama. Esta zona é caracterizada litologicamente por intercalações areia-lama que causam reflexos na fauna, principalmente na frequência dos foraminíferos bentônicos.

Na base da zona W podemos observar três camadas de areia, que aumentam de espessura para o topo da zona, intercaladas com três camadas pouco espessas de lama. A curva da frequência dos foraminíferos bentônicos acompanha exatamente a variação litológica, aproximando-se do zero nas lamas e atingindo valores superiores a 45% nas três amostras arenosas.

Após esta intercalação ocorre o maior pacote arenoso da zona, apresentando cerca de 75% de foraminíferos bentônicos em uma das amostras (345 cm), encimado por uma espessa camada de lama pelágica com porcentagens muito baixas de foraminíferos bentônicos (de 1 a 5%).

Com relação à composição microfossilífera, a zona W apresenta o plexo *G. menardii* com baixas frequências (de 0,2 a 2,4%), por este motivo interpretada como uma zona glacial. Na amostra 385 cm o percentual deste plexo atinge 5%, associado a um corpo arenoso.

O plexo *Pulleniatina* apresenta variações (de zero a 5,1%), com picos nas areias indicando que estes indivíduos podem ter sido deslocados de outras partes da bacia. *G. inflata* é abundante principalmente no final do testemunho (varia de zero a 14,3%). *G. truncatulinoides* está presente com baixas

Poço A

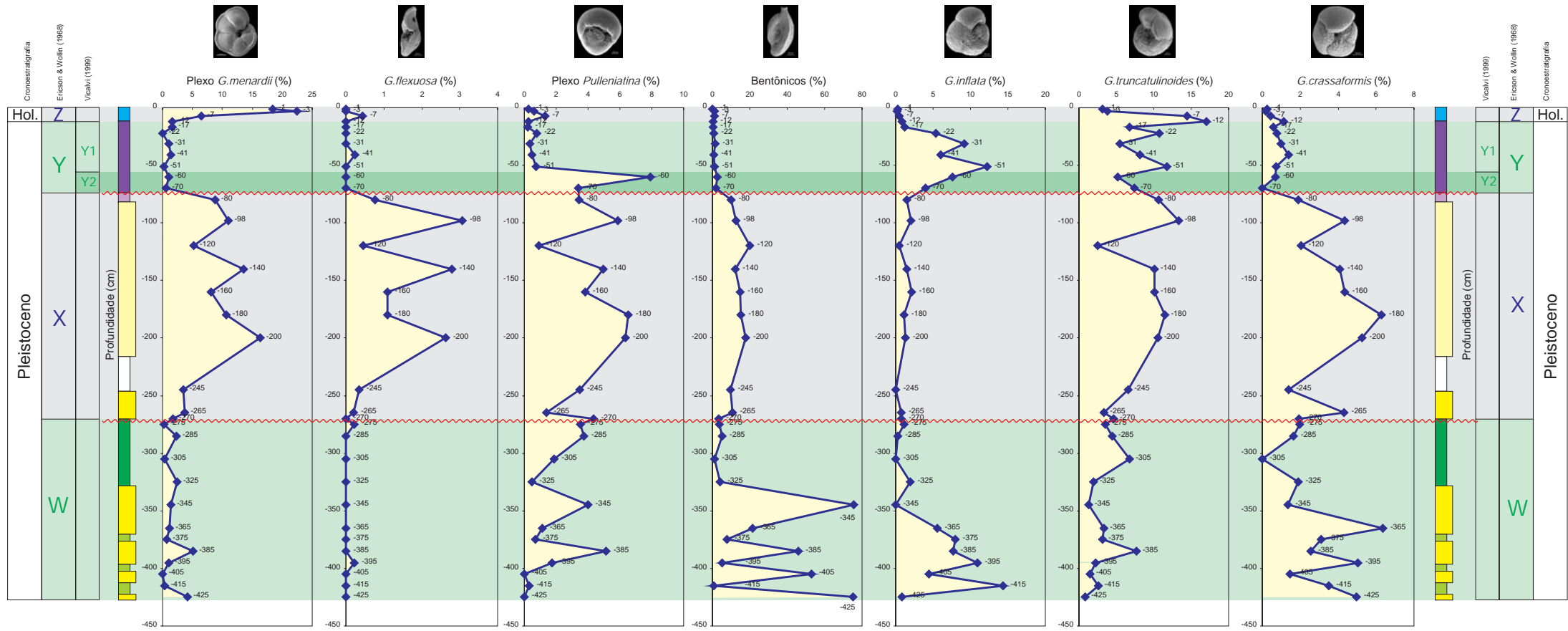


Figura 6: Distribuição da freqüência dos grupos de foraminíferos seleccionados para o biozoneamento no poço A.

freqüências (de 0,8 a 7,7%). A freqüência na curva de *G. crassaformis* é irregular (de zero a 6,3%).

ZONA X:

A biozona X é limitada por discordâncias. Em sua base, a 270 cm de profundidade, apresenta a discordância do topo da zona W. O topo da zona X, a uma profundidade de 74 cm, é marcado por uma discordância que a separa da zona Y.

Litologicamente esta zona compreende um espesso pacote arenoso, excetuando-se o topo, onde é composta por margas. O topo desta zona foi marcado onde ocorre uma mudança de coloração refletindo mudança na composição da margas (74 cm), entre as amostras 80 cm (zona X) e 70 cm (zona Y2).

Entre as profundidades de 246 e 216 cm não existe descrição litológica; estes 30 cm de testemunho foram retirados para análise geoquímica.

A biozona X interglacial foi assim interpretada por apresentar abundantes formas de águas quentes. Tanto o plexo *G. menardii* quanto o plexo *Pulleniatina* apresentam seus maiores percentuais nesta zona: 1,7 a 16,4% para o plexo *G. menardii* e 0,9 a 6,4% para o plexo *Pulleniatina*. *G. flexuosa* ocorre em porcentagens de zero a 2,8%. É uma espécie característica desta zona e se extingue no limite com a zona Y (Kennett & Huddleston, 1972).

Conforme citado no item 6.3.1, é possível o aparecimento isolado de indivíduos de *G. flexuosa* após a zona X, como veremos nas zonas Y1 e Z, estes recebem o nome informal *Globorotalia menardii* forma *neoflexuosa*.

G. inflata apresenta percentuais muito baixos (zero a 2,2%) enquanto *G. truncatulinooides* aparece com uma freqüência relativamente alta (2,5 a 13,3%), assim como *G. crassaformis* (1,9 a 6,3%).

Dentre as curvas analisadas, o grupo dos foraminíferos bentônicos se destaca por apresentar freqüências elevadas (de 3,3 a 20,2%) sempre associadas aos corpos arenosos. Isto sugere utilização deste parâmetro como indicador de remobilização de sedimentos em contexto de águas profundas.

Conforme descrito no item 6.3, a superfície que separa as zonas X e Y é datada em 84 Ka AP para a bacia de Campos. Além do término da última interglacial, este limite corresponde ao primeiro desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, nomeado, por Vicalvi (1999), como primeiro bio-horizonte *P. obliquiloculata* (YP.1).

ZONA Y:

A biozona Y corresponde ao último episódio glacial. Sua base está sobre uma discordância a 74 cm de profundidade e seu topo sob a base da zona Z, a 12 cm. Não há variação litológica dentro da zona Y, caracterizada por margas.

Foi possível a identificação das subzonas Y2 e Y1 de Vicalvi (1999). A ausência das demais subzonas (Y5, Y4 e Y3) é evidência de erosão e/ou não deposição, interpretada como uma discordância, que marca a base desta biozona. A discordância foi posicionada na mudança de cor da camada de marga, a uma profundidade de 74 cm, que corresponde provavelmente uma mudança composicional. Este ponto situa-se entre as amostras 80 cm (zona X) e 70 cm (zona Y2).

A subdivisão da zona Y foi fundamentada na variação da curva de frequência do plexo *Pulleniatina*. De acordo com Vicalvi (1999), os desaparecimentos e reaparecimentos deste plexo definem as subzonas dentro da zona Y.

Em ambas as subzonas o plexo *G. menardii* é praticamente ausente, variando de zero a 1,6%.

A subzona Y2 é caracterizada pela presença significativa do plexo *Pulleniatina* (3,4 a 7,9%), como principal indicador desta subzona. É observado um incremento na frequência de *G. inflata* (de 4 a 7,6%), presença de *G. truncatulinoides* (de 5,2 a 7,4%) e um decréscimo brusco na frequência de *G. crassaformis* (de zero a 0,7%).

Na subzona Y1 a frequência de *G. crassaformis* se mantém baixa (de 0,6 a 1,4%), opondo-se às demais formas de águas frias que marcam presença significativa. *G. inflata* ocorre com percentuais variando de 1,2 a 12,2% e *G. truncatulinoides* apresentando variação de 5,4 a 11,7%. Nesta subzona aparece um indivíduo de *G. flexuosa*, considerado forma *neoflexuosa*. A característica mais importante e

determinante desta subzona é a queda significativa nos valores da curva de frequência do plexo *Pulleniatina* (de 0,2 a 0,8%).

O limite entre as subzonas Y2 e Y1 é marcado pelo quase desaparecimento do plexo *Pulleniatina*. Este é também o último desaparecimento de *P. obliquiloculata*, identificado por Prell & Damuth (1978) e considerado por Vicalvi (1999) como o bio-horizonte YP.3 datado entre 45 e 42 Ka AP para a bacia de Campos. Este limite foi posicionado arbitrariamente a 55,5 cm de profundidade no poço analisado, situado a meia distância entre as amostras 60 cm (zona Y2) e 51 cm (zona Y1).

ZONA Z:

A biozona Z tem início a 12 cm de profundidade e estende-se até a primeira amostra do testemunho (1 cm), o limite inferior foi posicionado na base de uma camada de vaza calcária. Não há variação litológica até o topo.

Esta zona é caracterizada pelo reaparecimento do plexo *G. menardii* com valores significativos após o último glacial (zona Y), com frequências variando de 1,7 a 22,4%. Único intervalo onde ocorre a espécie *G. tumida*, seu percentual varia de 0,6 a 4% (vide item 7.2.3. - Limite Holoceno/Pleistoceno). São baixas as frequências do plexo *Pulleniatina* (0,3 a 1,3%), de *G. inflata* (0,2 a 0,8%) e foraminíferos bentônicos são praticamente ausentes (zero a 1%). A presença significativa de *G. truncatulinoides* (3,2 a 17%), principalmente próximo ao limite com o Pleistoceno, e *G. crassaformis* com pouca expressão (0,2 a 1,1%) também caracterizam esta zona. Nesta biozona ocorrem algumas formas de *G. flexuosa neoflexuosa*.

7.2.2 POÇO B

No Poço B foram identificadas as biozonas X, Y (Pleistocênicas) e Z (Holocênica) de Ericson & Wolin (1968) e Vicalvi (1997, 1999) e as subzonas X3, X1, Y4, Y3, Y2 e Y1 de Vicalvi (1999). É o testemunho analisado que apresenta a seção Pleistoceno/Holoceno mais completa, sua interpretação pode ser acompanhada na figura 7.

ZONA X

A biozona X se estende da base do testemunho até 228 cm de profundidade, correspondente ao limite litológico marga-lama, entre as amostras 235 cm (zona X1) e 225 cm (zona Y4). Não foi possível a identificação da base desta zona, pois o testemunho está dentro do contexto da biozona X desde sua amostra mais basal (423 cm). O topo desta zona é marcado por uma discordância litológica que separa esta zona da biozona Y.

A zona X é composta em sua totalidade por sedimentos pelágicos. Na base apresenta uma vaza calcária, encimada por intercalações de lama e marga.

Foram identificadas duas subzonas da biozona X: X3 e X1, fundamentadas nas variações de freqüência do plexo *G. menardii*, plexo *Pulleniatina*, *G. inflata* e principalmente de *G. flexuosa* - de acordo com as interpretações de Vicalvi (1999) para o poço Bu-91/GL-16.

A composição microfossilífera da subzona X3 evidencia um intervalo de clima quente dentro de um episódio classificado como interglacial. Tanto o plexo *G. menardii* quanto o plexo *Pulleniatina* apresentam valores elevados de freqüência. Os percentuais do plexo *G. menardii* estão entre 7,2 e 16,2%, enquanto os do plexo *Pulleniatina* variam entre 0,88 e 10,3%. A característica mais importante desta subzona é a ausência parcial da espécie *G. flexuosa*. A única amostra que contém *G. flexuosa* está no topo desta subzona (375 cm) e apresenta percentual de 0,31%.

Foraminíferos bentônicos apresentam valores de freqüência muito baixos (de 0,6 a 1,7%), assim como os percentuais de *G. inflata*, que ocorrem entre zero e 0,8%. As demais formas de águas frias tem pouco significado.

G. truncatulinoides ocorre com porcentagens entre 0,3 e 5,3%, e *G. crassaformis* apresenta variações de 0,8 a 4,2%.

A subzona X1 também representa um período quente e é caracterizada pelos maiores valores de freqüência do plexo *G. menardii* (de 2,8 a 38%). A espécie *G. flexuosa* só ocorre nesta subzona com percentuais variando entre zero e 8,2%. A freqüência do plexo *Pulleniatina* diminui bruscamente quando comparada à subzona X3, seus valores giram em torno de zero a 3%.

Os foraminíferos bentônicos mantêm seus valores percentuais baixos (1,3 a 3,9%), excetuando-se as duas últimas amostras, 245 e 235 cm com valores de 8,6 e 9,4% respectivamente.

G. inflata apresenta freqüência entre zero e 2,6%. Ocorre um aumento significativo na quantidade de *G. truncatulinoides* (de 1,3 a 7,7%). Os percentuais de *G. crassaformis* variam entre 0,7 e 8%.

O limite entre as subzonas X3 e X1 foi posicionado a 368 cm de profundidade, entre as amostras 375 cm (zona X3) e 365 cm (zona X1). O limite foi ajustado na base de uma camada de marga e representa uma discordância litológica erosiva evidenciada pela ausência da subzona X2.

A superfície que limita o topo da zona X corresponde ao primeiro desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, (YP.1), descrito no item 6.3, datado em 84 Ka AP para a bacia de Campos.

ZONA Y:

A base da biozona Y foi posicionada sobre uma discordância litológica, a 228 cm de profundidade, entre as amostras 235 cm (zona X1) e 225 cm (zona Y4). Seu topo foi definido entre as amostras 17 cm (zona Y1) e 13 cm (zona Z), dentro de uma camada de marga.

A zona Y é composta litologicamente por lamas e margas, além de três pacotes arenosos pouco espessos. Entre as profundidades de 216 e 186 cm não existe descrição litológica; estes 30 cm de testemunho foram retirados para análise geoquímica.

Foi possível subdividir a zona Y em quatro subzonas de Vicalvi (1999): Y4, Y3, Y2 e Y1. A ausência da subzona Y5 é evidência de erosão e/ou não deposição, posicionada na base de uma camada de lama (228 cm), interpretada como uma discordância que marca a base desta biozona.

A subdivisão da zona Y foi fundamentada nas variações da curva de freqüência do plexo *Pulleniatina*. Segundo Vicalvi (1999), os desaparecimentos e reaparecimentos deste plexo definem as subzonas dentro da zona Y.

A biozona Y em sua totalidade é caracterizada pela ausência quase total do plexo *G. menardii*, cujos percentuais variam entre zero e 2,7%.

A subzona Y4 é caracterizada pela presença do plexo *Pulleniatina*, com valores percentuais entre 0,4 e 2,7%; e pela presença marcante de *G. crassaformis*, com freqüência entre 12,1 e 22%, sugerindo um intervalo de transição climática, seguindo as interpretações paleoclimáticas de Kennett & Huddlestun (1972).

Os foraminíferos bentônicos tem pouca expressão (0,8 a 1,6%). *G. inflata* e *G. truncatulinoides* apresentam percentuais de 2,3 a 5,8% e 1,9 a 2,4%, respectivamente.

A subzona Y3 é individualizada pela queda brusca na freqüência do plexo *Pulleniatina*, com valores entre 0,3 e 1,8%. O percentual da *G. crassaformis* também diminui drasticamente (varia de zero a 1,8%).

A freqüência dos foraminíferos bentônicos aumenta em direção ao limite com a subzona Y2, associados a um pacote arenoso (de 2,5 a 24,5%). *G. inflata* apresenta valores de freqüência baixos (de 0,6 a 2,6%). A porcentagem de *G. truncatulinoides* também aumenta em direção ao topo da subzona (varia de 0,9 a 7,6%).

O limite entre as subzonas Y4 e Y3 foi marcado a 186 cm de profundidade, na base de uma camada de areia. O contato entre estas subzonas corresponde ao segundo desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, denominado por Vicalvi (1999) de segundo bio-horizonte *P. obliquiloculata* (YP.2) e datado entre 74,4 e 67,7 Ka AP para a bacia de Campos, pelo mesmo autor.

A subzona Y2 possui uma composição microfossilífera marcada pela presença abundante do plexo *Pulleniatina* (de 1,8 a 11,1%) e aumento considerável na freqüência de *G. inflata* (de 0,7 a 10,9%).

Foraminíferos bentônicos estão presentes na parte basal desta subzona, associados ao pacote arenoso, com percentuais variando entre 1,1 e 24,5%. A curva da frequência de *G. truncatulinoides* se apresenta irregular (de 2,8 a 17,8%). *G. crassaformis* é praticamente ausente (de zero a 1,8%).

O limite entre as subzonas Y3 e Y2 foi posicionado na base de um pacote arenoso a 140 cm de profundidade.

A base da subzona Y1 é caracterizada pelo desaparecimento do plexo *Pulleniatina*, que volta a estar presente no topo (zero a 1,6%). *G. inflata* se mantém abundante (zero a 19,2%).

Foraminíferos bentônicos estão praticamente ausentes, com valores de frequência variando entre 0,3 e 4,3%. *G. truncatulinoides* apresenta percentuais variando de 3,4 a 12,6%. *G. crassaformis* aparece com baixa frequência (de zero a 2,9%).

O limite entre as subzonas Y2 e Y1 situa-se em uma camada lamosa. Foi posicionado arbitrariamente a 96 cm entre as amostras 102 cm (zona Y2) e 90 cm (zona Y1). É relacionado ao terceiro e último desaparecimento do plexo *Pulleniatina* identificado por Prell & Damuth (1978) e considerado por Vicalvi (1999) como o bio-horizonte YP.3 datado entre 45 e 42 Ka AP para a bacia de Campos.

Os foraminíferos bentônicos respondem bem às duas camadas arenosas mais basais do testemunho e à camada lamosa que separa estas últimas. Entretanto, a terceira camada arenosa apresenta uma configuração padrão para águas profundas, analisada segundo o parâmetro das formas bentônicas.

ZONA Z:

A biozona Z tem início entre as amostras de 17 cm (zona Y1) e 13 cm (zona Z) e estende-se até a primeira amostra do testemunho, a 1 cm de profundidade. Para uma maior precisão do limite inferior desta zona seria necessário a análise de uma amostra intermediária a estas últimas.

A litologia desta biozona compreende uma camada de marga em sua base e uma vaza calcária no topo.

Esta zona é caracterizada pelo reaparecimento do plexo *G. menardii* com valores significativos após o último glacial (zona Y), com freqüências variando de 4,1 a 21,1%. Destaque para presença da espécie *G. tumida*: seu percentual varia de 0,7 a 4% (vide item 7.2.3. - Limite Holoceno/Pleistoceno). São baixas as freqüências do plexo *Pulleniatina* (0,9 a 1,2%), de *G. inflata* (zero a 1,3%) e foraminíferos bentônicos são praticamente ausentes (1,5 a 2%). *G. truncatulinoides* apresenta-se abundante na base da zona, próximo ao limite como o Pleistoceno (15,3%) e pouco expressivo nas demais amostras (0,7 a 1%). *G. crassaformis* aparece com baixos percentuais (zero a 0,7%).

7.2.3 LIMITE HOLOCENO/PLEISTOCENO

O Holoceno (zona Z) marca o reaparecimento do plexo *G. menardii*, com predominância de *G. menardii* secundada por *G. tumida* e abundância de *G. truncatulinoides* próximo ao limite com o Pleistoceno, sendo utilizada como indicador deste horizonte (Vicalvi, 1999).

Para definição do limite Holoceno/Pleistoceno neste trabalho, foram conjugados os seguintes parâmetros:

- (i) Retorno do plexo *G. menardii* com valores significativos (acima de 4%);
- (ii) Presença da espécie *G. tumida*;
- (iii) Pico de abundância de *G. truncatulinoides*.

Para o poço A, o limite Holoceno/Pleistoceno foi traçado exatamente no contato entre a fácies contendo a associação enumerada acima e a fácies que não a contém, figura 8 (item 7.2.1. Zona Z).

No caso do poço B, o limite Holoceno/Pleistoceno foi colocado a meia distância entre a amostra com fauna holocênica e a amostra com fauna pleistocênica, figura 9 (item 7.2.2. Zona Z).

7.3 Correlação entre os testemunhos

Um exercício de correlação entre os testemunhos foi realizado utilizando apenas os dados disponíveis, isto é, biozonas e litologia. As biozonas foram discutidas no item 7.2. deste capítulo. A descrição litológica adotada foi fornecida, seguindo o padrão utilizado pela PETROBRAS (Anexo C). As diferentes litologias foram agrupadas em lama e areia para efeito de simplificação, sendo mantidas as individualizações litofaciológicas para ajustes nos limites das zonas.

Para a correlação entre os testemunhos foram utilizados os gráficos do plexo *G. menardii* e dos foraminíferos bentônicos, além do perfil litofaciológico e das interpretações de cada testemunho. O datum de referência adotado foi o nível do mar (NM), existindo uma diferença batimétrica de 432 metros entre os poços e uma distância horizontal entre os testemunhos de 30 km. Estas distâncias estão representadas fora de escala. Figura 10 e figura 1.

Como o poço B não atingiu a zona W, o poço A não possui continuidade lateral para esta biozona.

Não foi possível a subdivisão da zona X no poço A, enquanto no poço B esta biozona foi individualizada em duas subzonas (X3 e X1 de Vicalvi, 1999). O limite inferior da zona X só foi atingido no poço A, logo só podemos correlacionar lateralmente a superfície discordante presente no topo desta biozona. A estratigrafia da biozona X está mais detalhada no poço B, apesar desta zona estar completa (foi identificado base e topo) no poço A.

A biozona Y apresenta um espessamento significativo do poço A para o poço B, correspondente à identificação de duas subzonas a mais (Y4 e Y3 de Vicalvi, 1999) no testemunho B. A discordância observada na base desta biozona - correspondente também ao topo da zona X - é correlacionável entre os dois testemunhos, sendo que no poço A a erosão foi maior que no poço B.

Tanto a subzona Y2 quanto a Y1 são correlacionáveis lateralmente e aumentam de espessura do poço A para o B.

A zona Z foi considerada indivisa em ambos os poços, possui a mesma composição litológica no topo e aumenta de espessura do poço A para o poço B.

Nenhum corpo arenoso foi correlacionado, pois estes foram depositados em idades diferentes, o que significa a presença de pelo menos dois pulsos diferentes de movimentos de massa em cinco metros de sedimentos, nos últimos 165 Ka.

A utilização de dados complementares, como modelo sedimentológico e/ou mapa fisiográfico, em alguns intervalos permitiria uma correlação mais precisa.

7.4 Resultados da correlação gráfica

Para a Correlação Gráfica entre os testemunhos foi colocado: (i) no eixo x os valores de idade dos limites das zonas e as idades absolutas dos dátuns observados e; (ii) no eixo y a profundidade dos limites bioestratigráficos estipulados para os poços analisados. A projeção dos dados gera uma linha de correlação (LOC), origem de futuras interpretações. O comportamento da curva LOC reflete as condições de sedimentação da área estudada.

Nenhuma idade foi calculada nesta monografia; todos os valores atribuídos aos dátuns apresentados foram retirados de Vicalvi (1999). Os valores de taxa de sedimentação e os intervalos de hiato foram calculados a partir dos gráficos gerados, com o auxílio de ferramentas métricas do programa CorelDraw. Foram assumidas como verdadeiras as idades de 127 e 84 Ka AP para os limites entre as zonas W/X e X/Y, respectivamente, apesar da erosão identificada nestes níveis.

Primeiramente serão apresentados os cálculos sem descontar a espessura dos corpos arenosos, com o propósito de exercitar o método e para futuras comparações entre as taxas obtidas, estes dados não serão considerados nos resultados finais.

O resultado para o poço A é uma taxa de sedimentação mínima de: 4,60 cm/Ka para a zona X; 1,33 cm/Ka para a zona Y1; 1,09 cm/Ka para a zona Z; e 28,68 ka de hiato envolvendo as subzonas Y5, Y4 e Y3, na base da zona Y. Figura 11.

Pela falta de bio-horizontes datados não é possível inferir a linha de correlação para a zona W, a linha pontilhada no gráfico é arbitrária, servindo apenas para visualização. Na zona X, a LOC apresenta uma inclinação acentuada, em consequência da grande presença de corpos arenosos. Observa-se claramente, no comportamento da curva, uma quebra significativa no limite entre as zonas X e Y, representando a discordância da base desta última biozona. A curva na horizontal mostra um intervalo de tempo sem sedimentação (hiato). O comportamento da curva para a subzona Y2 foi inferido seguindo o padrão apresentado na subzona Y1. Foi observado seu baixo ângulo até o limite com a zona Z, onde ocorre uma pequena diminuição na inclinação.

Para o poço B chegamos às seguintes taxas mínimas de sedimentação: 3,29 cm/Ka para as subzonas Y3 e Y2; 2,48 cm/Ka para a subzona Y1; 1,36 cm/Ka para a zona Z; e 1,37 Ka de hiato relativo à falta da subzona Y5. Figura 11.

A linha pontilhada no gráfico, representando a zona X, é arbitrária, servindo apenas para visualização. No limite entre as zonas X e Y, a LOC assume a horizontalidade por um curto período de tempo, representando a discordância da base desta última biozona. O comportamento da curva para a subzona Y4 foi inferido seguindo o padrão apresentado nas subzonas Y3 e Y2. A partir das subzonas Y3 e Y2 a LOC diminui de inclinação suavemente até o topo do testemunho, com mudanças de ângulo na base da subzona Y1 e na base da zona Z.

Tendo o pré-suposto teórico de que as areias são depositadas no talude em eventos instantâneos no tempo geológico, foram descontadas as espessuras dos corpos arenosos e as taxas recalculadas, com a finalidade de obter valores mais acurados.

O poço A apresentou uma mudança maior com a retirada das areias. Suas taxas ficaram com os seguintes valores: 0,89 cm/Ka para a zona X; 1,33 cm/Ka para a zona Y1; 1,09 cm/Ka para a zona Z; e 27,68 Ka de hiato envolvendo as subzonas Y5, Y4 e Y3, na base da zona Y. Figura 12.

O comportamento da linha de correlação sofre alterações nas zonas W e X, onde se torna drasticamente mais suave, e na parte horizontal, onde fica um pouco mais estreita. A partir do hiato a LOC se apresenta quase retilínea até o topo. Todas as outras observações continuam válidas.

O poço B manteve-se praticamente inalterado, pois apresenta poucos corpos arenosos concentrados na zona Y. Entretanto os valores da taxa de sedimentação mínima recalculados se mostraram diferentes, exceto para a zona Z. O resultado é: 2,89 cm/Ka para as subzonas Y3 e Y2; 2,33 cm/Ka para a subzona Y1; 1,36 cm/Ka para a zona Z; e 0,75 Ka para o hiato relativo à falta da subzona Y5. Figura 12.

O comportamento da linha de correlação é similar para todo o testemunho, praticamente retilíneo. As mudanças de inclinação identificadas anteriormente se tornam mais suaves.

O quadro 1 sumariza os resultados obtidos no estudo dos poços A e B.

Quadro 1: Resumo dos resultados obtidos.

	Poço A		Poço B	
Biozonas	W, X, Y (Pleistocênicas), Z (Holocênica) e subzonas Y2 e Y1.		X, Y, Z e subzonas X3, X1, Y4, Y3, Y2, Y1.	
Discordâncias	Na base das zonas X e Y (total: 02).		Na base da subzona X1 e na base da zona Y (total: 02).	
Dátuns	YP.1 e YP.3		YP.1, YP.2 e YP.3	
Hiato	27,68 Ka envolvendo as subzonas Y5, Y4 e Y3, na base da zona Y.		0,75 Ka relativo à falta da subzona Y5, na base da zona Y.	
Taxas mínimas de sedimentação	Zona Z	1,09 cm/Ka	Zona Z	1,36 cm/Ka
	Subzona Y1	1,33 cm/Ka	Subzona Y1	2,33 cm/Ka
	Zona X	0,89 cm/Ka	Subzonas Y3 e Y2	2,89 cm/Ka

8 CONCLUSÕES

- As épocas geológicas Pleistoceno e Holoceno estão preservadas em ambos os testemunhos, tendo sido identificadas as seguintes zonas e subzonas: W, X, Y e Z de Ericson & Wollin (1968) e X3, X1, Y4, Y3, Y2, Y1 de Vicalvi (1999).
- Foram identificados através de variações composicionais nas associações de foraminíferos, pelo menos dois eventos de movimento de massa, refletindo momentos de instabilidade do talude na região analisada.
- Todas as camadas arenosas do poço A ocorrem associadas a altas porcentagens de foraminíferos bentônicos, sugerindo aloctonia deste material e comprovando a variação percentual de formas bentônicas como indicador de remobilização de sedimentos em águas profundas.
- A análise estratigráfica das biozonas aliada à composição litofaciológica dos testemunhos sugerem que estes estejam localizados em situações fisiográficas e sedimentológicas diferentes.
- O poço A apresenta camadas lamosas autóctones separando diferentes pulsos de descarga sedimentar, representados por espessos pacotes arenosos, sugerindo deposição em uma área de intenso aporte sedimentar.
- O poço B apresenta um perfil típico de talude, em sua maior parte composto por sedimentos pelágicos autóctones, mas sofrendo ainda influência de processos de aporte sedimentar alóctone.

9 RECOMENDAÇÕES

É recomendável, como trabalhos futuros:

- Aumentar o número de poços analisados para cobrir uma área maior e dispor de maior variedade de sedimentos.
- Integrar os resultados obtidos com dados sedimentológicos, como mapa fisiográfico e faciológico, com o propósito de aprimorar as correlações apresentadas e realizar uma reconstituição paleobiogeográfica da região estudada para o final do Pleistoceno e Holoceno.
- Realizar uma amostragem mais detalhada nos movimentos de massa, a fim de caracterizar estes depósitos com associações microfossilíferas.
- Aperfeiçoar o modelo de ocorrência de foraminíferos bentônicos em depósitos gravitacionais para uma melhor caracterização de depósitos desta natureza no talude, fornecendo dados como proveniência dos sedimentos e retrabalhamento por correntes, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP) – disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/geral/ATIV_secoes_e_cartas.asp>. Acesso em: 13 fev. 2004, 12:40.
- ALLABY, A. & ALLABY, M. 1990. The Concise Oxford dictionary of Earth Sciences. Oxford University Press, New York, 410 p.
- ALVE, E. 1995. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25 (3): 190-203.
- ANTUNES, R.L. & MELO, J.H.G. 2001. Micropaleontologia e Estratigrafia de Seqüências. *In: RIBEIRO, H.J.P.S. (org.). Estratigrafia de Seqüências – Fundamentos e aplicações. São Leopoldo/RS, ed. Unisinos, 428 p.*
- ARMENTROUT, J.M. 1997. Industrial paleontology into the 21st century: International Senckenberg Conference, Abstract Volume. *Kleine Senckenbergreihe*, 25: 55-68.
- BARBOSA, V.P. 2002. Sistemática, Biestratigrafia e Paleoceanografia de foraminíferos do Quaternário do talude continental das bacias de Santos e Campos. Curso de Pós-Grauação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 455 p.
- BATES, R.L. & JACKSON, J.A. 1987. Glossary of Geology. American Geologist Institute, 3ª ed., 788 p.
- BATISTA, D.S. 2002. Análise de foraminíferos bentônicos em sedimentos altamente poluídos em Niterói, Baía de Guanabara, RJ. Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade do Rio de Janeiro, 49 p.
- BIGNOT, G. 1988. Los Microfossiles. Aplicaciones Paleobiológicas y Geológicas. Madri, Paraninfo S.A., 284 p.
- BOLLI, H.M. & SAUNDERS, J.B. 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. *In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. 1985. Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge, p. 156-262.*
- BOLTOVSKOY, E. 1965. Los Foraminiferos Recientes. Eudeba, Buenos Aires, 507 p.
- BRASIER, M.D. 1980. Microfossils. Ed. George Allen & Uwin, 195 p.
- CADDAH, L.F.G., KOWSMANN, R.O. & VIANA, A.R. 1998. Slope sedimentary facies associated with Pleistocene and Holocene sea-level changes, Campos Basin, southeast Brazilian Margin. *Sedimentary Geology, Netherlands*, 115: 159-174.
- CHANG, Y.M. 1967. Accuracy of fossil percentage estimation. *Journal of Paleontological Notes*, Washington University, St. Louis, p. 500-502.
- DIAS, J.L., SCARTON, J.C., ESTEVES, F.R., CARMINATTI, M. & GUARDADO, L.R. 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. *In: RAJA GABAGLIA, G.P. & MILANI, E.J. (Coords.) Origem e evolução das Bacias Sedimentares. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ SEREC/ CENS-SUD, p. 333-360.*

- DULEBA, W., PETRI, S. & COIMBRA, J.C.S. 2003. Foraminíferos, Tecamebas e Ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil. *Geologia USP, Publicação Especial*, 2, 24 p.
- EMERY, D. & MYERS, K.J. 1996. Biostratigraphy. *In: EMERY, D. & MYERS, K.J. 1996. Sequence Stratigraphy*, p. 89-107.
- ERICSON, D. B. & WOLLIN, G. 1968. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Science, Washington*, 162: 1227-1243.
- KENNETT, J. 1982. Oceanic Microfossils. *In: KENNETT, J. 1982. Marine Geology. Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island*, p. 536-591.
- KENNETT, J. P. & HUDDLESTON, P., 1972. Late Pleistocene paleoclimatology, foraminiferal biostratigraphy and tephrochronology, Western Gulf of Mexico. *Quaternary Research*, 2: 38-69.
- LOEBLICH, A. R. Jr. & TAPPAN, H., 1988. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 2 volumes, 970 p. plus 212 p. and 847 pl.
- MARTIN, R. E., JOHNSON, G. W., NEFF, E. D. & KRANTZ, D. W., 1990. Quaternary planktonic foraminiferal assemblages zones of the northeast Gulf of Mexico, Colombia basin (Caribbean Sea), and tropical Atlantic Ocean: Graphic correlation of microfossil and oxygen isotope datums. *Paleoceanography*, 5 (4): 531-555.
- MELLO, R.M. 2002. Bioestratigrafia do Quaternário da Bacia de Campos: um estudo em "piston cores" com base em foraminíferos planctônicos. Monografia apresentada ao curso de graduação em Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 26 p.
- MENDES, J.C. 1984. Elementos de Estratigrafia. São Paulo, Edusp, 566 p.
- MURRAY, J.W. 1991. Ecology and paleoecology of benthic foraminifera. Longman Scientific & Technical, Bath, 397 p.
- PETROBRAS S.A. – disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/portal/tecnologia.htm>. Acesso em: 13 fev. 2004, 13: 50.
- PORTILHO-RAMOS, R.C. 2003. Interpretações paleoceanográficas e bioestratigrafias do testemunho JPC 17 (porção Sul da Bacia de Santos), com base em foraminíferos planctônicos. Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade do Rio de Janeiro, 53 p.
- PRELL, W.L. & DAMUTH, J.E. 1978. The climate-related diachronous disappearance of *Pulleniatina obliquiloculata* in Late Quaternary sediments of the Atlantic and Caribbean. *Marine Micropaleontology, Netherlands*, 3: 267-277.
- RANGEL, H. D., MARTINS, F. A. L., ESTEVES, F. R. & FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8(1): 203-217.
- SANJINÉS, A.E.S. 2002. Caracterização microfasciológica de testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ. *In: XXIV Jornada de Iniciação Científica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro*.
- SANJINÉS, A.E.S. & VILELA, C.G. 2002. Caracterização microfasciológica de testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ. *In: 2º Encontro ANP/UFRJ*

- dos Programas de Formação de Recursos Humanos para o Setor de Petróleo e Gás, CETEM/UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. CD-Rom Resumos/PRH-18, arquivo PRH18-02.pdf.
- SANJINÉS, A.E.S. 2003. Bioestratigrafia de testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ, com base em foraminíferos planctônicos. *In: XXV Jornada de Iniciação Científica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.*
- SANJINÉS, A.E.S., STROHSCHOEN, O.J. & VILELA, C.G. 2003. Bioestratigrafia de testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ, com base em foraminíferos planctônicos. *In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas e II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa, Recife. Livro de Resumos p. 158.*
- SANJINÉS, A.E.S. 2003. Bioestratigrafia de testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ, com base em foraminíferos planctônicos. *In: 3º Encontro ANP/UFRJ dos Programas de Formação de Recursos Humanos para o Setor de Petróleo e Gás, UFRJ, Rio de Janeiro. CD-Rom Resumos/PRH-18, arquivo PRH18-10.pdf.*
- SCOTT, D.B., MEDIOLI, F.S. & SCHAFER, C.T. 2001. Foraminifera as tracers and transport indicators. *In: SCOTT, D.B., MEDIOLI, F.S. & SCHAFER, C.T. 2001. Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators. Cambridge University Press, p. 69-80.*
- SEN GUPTA, B.K. 1999. Modern Foraminifera. Kluwer Academic Publishers. London, p. 3-36.
- THUNELL, R. C., 1984. Pleistocene planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatology of the Gulf of Mexico. *In: HEALY-WILLIAMS, N. (ed.) Principles of Pleistocene Stratigraphy Applied to the Gulf of Mexico. Boston, International Human Resources Development Corporation, p. 25-64.*
- VIANA, A.R., FAUGÈRES, J.C., KOWSMANN, R.O., LIMA, J.A.M., CADDAAH, L.F.G. & RIZZO, J.G. 1998. Hidrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. *Sedimentary Geology, Netherlands, 115: 133-157.*
- VIANA, A.R. & FAUGÈRES, J.-C. 1998. Upper slope sand deposits: the example of Campos Basin, a latest Pleistocene-Holocene Record of the interaction between alongslope and downslope currents. *In: STOKER, M.S., EVANS, D. & CRAMP, A. (eds) Geological Society, London, Special Publications, 129: 287-316.*
- VICALVI, M.A., 1997. Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático dos sedimentos do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos, RJ, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras, 11 (1/2): 132-165.*
- VICALVI, M.A., 1999. Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo adjacente, com base em foraminíferos planctônicos. *Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 183 p.*
- VILELA, C.G., BATISTA, D.S., BAPTISTA-NETO, J.A., CRAPEZ, M. & MCALLISTER, J.J. 2004. Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil. *An Acad Bras Cienc, 76(1): 161-171.*

WESCOTT, W.A., KREBS, W.N., SIKORA, P.J., BOUCHER, P.J. & STEIN, J. A. 1998. Modern applications of biostratigraphy in exploration and production. *Geologic Column, The Leading Edge*, p. 1204-1210.

Anexos

ANEXO A - Poço A

Anexo A.1: Quadro de valores absolutos das amostras do poço A malha 125 µm.

Anexo A.2: Quadro de valores calculados para as amostras do poço A malha 125 µm.

Anexo A.3: Distribuição da freqüência dos grupos de foraminíferos selecionados para o biozoneamento, na malha 125 µm para o poço A.

Anexo A.4: Quadro de valores absolutos das amostras do poço A malha 250 µm.

Anexo A.5: Quadro de valores calculados para as amostras do poço A malha 250 µm.

Anexo A.6: Distribuição da freqüência dos grupos de foraminíferos selecionados para o biozoneamento, na malha 250 µm para o poço A.

Anexo A.7: Descrição litofaciológica dos 4,26 m de testemunho recuperados do poço A, segundo padrão adotado pela PETROBRAS (modificado de Caddah, 1991; Caddah *et al.*, 1992, *apud* Barbosa, 2002). Descrição mais detalhada das litofácies vide no Anexo C. Cores escolhidas arbitrariamente.

Legenda para os quadros de valores absolutos

Prof.(cm):	Profundidade em centímetros
Fração (1/n):	Fração de quarteamento
Nº Men.:	Número absoluto de indivíduos de <i>Globorotalia menardii</i>
Nº Trunc.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. truncatulinoides</i>
Nº Crass.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. crassaformis</i>
Nº Pull.:	Número absoluto de indivíduos do plexo <i>Pulleniatina sp.</i>
Nº Inflata:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. inflata</i>
Nº Flex.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. flexuosa</i>
Nº Bent.:	Número absoluto de indivíduos de foraminíferos bentônicos
Nº Não ID:	Número absoluto de indivíduos de foraminíferos não identificados
Nº Orb.:	Número absoluto de indivíduos de <i>Orbulina universa</i>
Nº Tum.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. tumida</i>
Nº Plx men.:	Número absoluto de indivíduos do plexo <i>G. menardii</i>
Nº Total (PI):	Número total de foraminíferos planctônicos
Nº Total (PI+Bent):	Número total de foraminíferos

Legenda para os quadros de valores calculados

Prof.(cm):	Profundidade em centímetros
% Men.:	Percentual calculado de <i>G. menardii</i>
% Trunc.:	Percentual calculado de <i>G. truncatulinoides</i>
% Crass.:	Percentual calculado de <i>G. crassaformis</i>
% Pull.:	Percentual calculado do plexo <i>Pulleniatina</i>
% Inflata:	Percentual calculado de <i>G. inflata</i>
% Flex.:	Percentual calculado de <i>G. flexuosa</i>
% Bent.:	Percentual calculado de foraminíferos bentônicos
% Não ID:	Percentual calculado de foraminíferos não identificados
% Orb.:	Percentual calculado de <i>Orbulina universa</i>
% Tum.:	Percentual calculado de <i>G. tumida</i>
% Plx men.:	Percentual calculado do plexo <i>G. menardii</i>

ANEXO B - Poço B

Anexo B.1: Quadro de valores absolutos das amostras do poço B malha 250 µm.

Anexo B.2: Quadro de valores calculados para as amostras do poço B malha 250 µm.

Anexo B.3: Distribuição da freqüência dos grupos de foraminíferos selecionados para o biozoneamento, na malha 250 µm para o poço B.

Anexo B.4: Descrição litofaciológica dos 4,27 m de testemunho recuperados do poço B, segundo padrão adotado pela PETROBRAS (modificado de Caddah, 1991; Caddah *et al.*, 1992, *apud* Barbosa, 2002). Descrição mais detalhada das litofácies vide no Anexo C. Cores escolhidas arbitrariamente.

Legenda para os quadros de valores absolutos

Prof.(cm):	Profundidade em centímetros
Fração (1/n):	Fração de quarteramento
Nº Men.:	Número absoluto de indivíduos de <i>Globorotalia menardii</i>
Nº Trunc.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. truncatulinoides</i>
Nº Crass.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. crassaformis</i>
Nº Pull.:	Número absoluto de indivíduos do plexo <i>Pulleniatina sp.</i>
Nº Inflata:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. inflata</i>
Nº Flex.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. flexuosa</i>
Nº Bent.:	Número absoluto de indivíduos de foraminíferos bentônicos
Nº Não ID:	Número absoluto de indivíduos de foraminíferos não identificados
Nº Orb.:	Número absoluto de indivíduos de <i>Orbulina universa</i>
Nº Tum.:	Número absoluto de indivíduos de <i>G. tumida</i>
Nº Plx men.:	Número absoluto de indivíduos do plexo <i>G. menardii</i>
Nº Total (PI):	Número total de foraminíferos planctônicos
Nº Total (PI+Bent):	Número total de foraminíferos

Legenda para os quadros de valores calculados

Prof.(cm):	Profundidade em centímetros
% Men.:	Percentual calculado de <i>G. menardii</i>
% Trunc.:	Percentual calculado de <i>G. truncatulinoides</i>
% Crass.:	Percentual calculado de <i>G. crassaformis</i>
% Pull.:	Percentual calculado do plexo <i>Pulleniatina</i>
% Inflata:	Percentual calculado de <i>G. inflata</i>
% Flex.:	Percentual calculado de <i>G. flexuosa</i>
% Bent.:	Percentual calculado de foraminíferos bentônicos
% Não ID:	Percentual calculado de foraminíferos não identificados
% Orb.:	Percentual calculado de <i>Orbulina universa</i>
% Tum.:	Percentual calculado de <i>G. tumida</i>
% Plx men.:	Percentual calculado do plexo <i>G. menardii</i>

ANEXO C – Descrição sedimentológica de fácies

Descrição sedimentológica de fácies dos testemunhos analisados (Caddah, 1991; Caddah *et al.*, 1992, *apud* Barbosa, 2002):

- **Lama Arenosa Bioclástica (LAB):** constituída por lama e areia fina biogênica (foraminíferos, micromoluscos), incluindo fragmentos retrabalhados e espinhos de equinodermas na fração grosseira;
- **Areia Siliciclástica com Bioclastos (ASB):** corresponde a areia muito fina, bem selecionada, com fração grosseira composta por quartzo, mica, testas de foraminíferos e ocasionalmente partículas oxidadas;
- **Areia Bioclástica com Siliciclásticos (ABs):** formada por areia bioclástica com elevado conteúdo de componentes siliciclásticos (próximo ao topo), que grada entre muito grossa, grossa e fina. Geralmente esta fácies apresenta areia bimodal no topo, constituída por areia bioclástica média (fragmentos de pterópodes e foraminíferos) e por areia fina a muito fina (quartzo e mica). A base desta biofácies é constituída por areia bioclástica muito grossa a grossa, onde os principais constituintes são conchas de pterópodes, testas de foraminíferos planctônicos e nódulos de pirita;
- **Areia Bioclástica Gradada (ABg):** composta por areia bioclástica gradada de média a fina, com dominância de conchas de pterópodes na base e testas de foraminíferos no topo, e com contribuição de lama marrom sutilmente intercalada;
- **Areia Micácea (AM):** corresponde a depósitos de areia fina bioclástica-siliciclástica, composta por quartzo, mica e fragmentos bioclásticos (fração grosseira);
- **Lama Carbonática Arenosa (LAbR):** representada por lama carbonática enriquecida em areia exclusivamente bioclástica, irregularmente laminada em função de intensa bioturbação. A fração grosseira é composta predominantemente por foraminíferos planctônicos e bentônicos, micromoluscos e ostracodes;
- **Vasa Calcária (VNF):** corresponde a uma vasa calcária constituída por nanofósseis e foraminíferos, apresentando coloração marrom médio e marrom claro na base;
- **Marga (MG):** corresponde a uma lama carbonática argilosa de coloração marrom escura a amarelada, rica em testas de foraminíferos e fragmentos de conchas;
- **Lama Siliciclástica (L):** representada por lama siliciclástica oliva acinzentada;
- **Lama Oliva Acinzentada Carbonática (Loc):** constituída por lama carbonática de coloração oliva acinzentada rica em componentes biológicos;
- **Lama Calcária (LL):** formada por lama calcária oliva acinzentada, bioturbada. É menos calcária na base em função da presença de areia fina, provavelmente bioclástica.

ANEXO D – Estampas

ESTAMPA I

1. *Globorotalia menardii* (Parker, Jones & Brady)

1a. vista espiral; **1b.** vista umbilical.

2. *Globorotalia flexuosa* (Koch)

2a. vista espiral; **2b.** vista axial; **2c.** vista umbilical.

3. *Globorotalia tumida* (Brady), retirada do poço B amostra 13 cm.

3a. vista espiral; **3b.** vista axial; **3c.** vista umbilical.

4. *Pulleniatina* sp.

4a. vista apertural; **4b.** vista dorsal.

OBS1. As fotos 1, 2 e 4 são representativas e provém de outros testemunhos a pistão da bacia de Campos.

OBS2. Todas as barras da estampa I equivalem a 200 μm .

ESTAMPA II

1. *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), retirada do poço B amostra 90 cm.

1a. vista apertural; **1b.** vista dorsal.

2. *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny)

2a. vista espiral; **2b.** vista umbilical.

3. *Globorotalia crassaformis* (Galloway & Wissler)

3a. vista espiral; **3b.** vista umbilical.

OBS1. As fotos 2 e 3 são representativas e provém de outros testemunhos a pistão da bacia de Campos.

OBS2. Todas as barras da estampa II equivalem a 100 μm .