

FORAMINÍFEROS, TECAMEBAS E  
OSTRACODES SUB-RECENTES E  
FÓSSEIS DO QUATERNÁRIO  
DO BRASIL

Wânia Duleba<sup>1</sup> (waduleba@uol.com.br)  
Setembrino Petri<sup>1</sup>  
João Carlos Steffani Coimbra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental - Instituto de Geociências - USP  
R. do Lago 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, BRA

<sup>2</sup>Departamento de Paleontologia e Estratigrafia - IG - UFRGS, Porto Alegre, RS, BRA

Palavras-chave: paleoceanografia, paleoclimatologia, bioestratigrafia, micropaleontologia (foraminíferos, tecamebas e ostracodes), Quaternário Brasil.

## RESUMO

O presente estudo é uma resenha dos principais trabalhos sobre paleoceanografia, paleoclimatologia e bioestratigrafia, realizados no Quaternário do Brasil, baseados em associações de foraminíferos, tecamebas e ostracodes. Aqui também são apresentados os principais métodos de controle bioestratigráfico e de análises paleoambientais, aplicáveis a estudos micropaleontológicos do Quaternário do Brasil.

Keywords: paleoceanography, paleoclimatology, biostratigraphy, micropaleontology (foraminifers, thecamoebians, ostracodes), Quaternary, Brazil.

## ABSTRACT

The main papers on the paleoceanography, paleoclimatology and biostratigraphy of the Brazilian Quaternary based on foraminifer, thecamoebian and ostracode associations are briefly discussed in this paper. Focus is placed upon the methods applied to these associations for the purpose of biostratigraphy and paleoenvironmental interpretations.

## INTRODUÇÃO

Os objetivos deste trabalho são:

**1.** apresentar o estado-da-arte dos estudos sobre variações paleoceanográficas, paleoclimáticas e bioestratigráficas do Quaternário do Brasil, detectadas através de foraminíferos, tecamebas e ostracodes;

**2.** discutir os principais métodos de controle bioestratigráfico, de análises paleoambientais e detecção de variações eustáticas, inferidos a partir desses microorganismos e aplicáveis ao estudo do Quaternário do Brasil.

### Conceitos básicos

Foraminíferos, tecamebas e ostracodes são excelentes indicadores paleoambientais, sendo amplamente utilizados em estudos paleoclimatológicos (Kalia & Chowdhury, 1983; Nigan, 1986;

Nigan & Rao, 1987), paleoceanográficos (Schnitker, 1974; Rühlemann *et al.*, 1999; Faul *et al.*, 2000; Igarashi *et al.*, 2001) e paleolimnológicos (Medioli *et al.*, 1990a; Patterson *et al.*, 1985; McCarthy *et al.*, 1995).

Reconstituições paleoambientais, com enfoque em paleoclimatologia, paleoceanografia e paleolimnologia, podem ser obtidas por meio de:

- a.** variação das associações de foraminíferos, tecamebas e ostracodes, ao longo de testemunhos;
- b.** análises morfológicas das carapaças de foraminíferos, tecamebas e ostracodes;
- c.** análises geoquímicas das carapaças calcárias de foraminíferos e ostracodes.

Variações de espécies de foraminíferos, tecamebas e ostracodes de faixas batimétricas distintas ou a ocorrência e o desaparecimento de espécies indicadoras de água fria, subtropical ou quente, permitem identificar períodos de isolamento

marinho ou de água doce em lagos costeiros, bem como inferir mudanças no padrão oceânico de circulação (Schnitker, 1974; Benson, 1975; Benson *et al.*, 1985, Wrightman *et al.*, 1994; McCarthy *et al.*, 1995, Laider & Scott, 1996; Cronin *et al.*, 1996, Carreño *et al.*, 1999; Faul *et al.*, 2000). No Hemisfério Norte, a distribuição de determinadas espécies de foraminíferos de pântano salobro é fortemente relacionada ao nível médio do mar, permitindo a elaboração de curvas do nível do mar muito precisas (Scott & Medioli, 1978; 1980; Thomas & Varekamp, 1991; Horton *et al.*, 1999; Hippensteel *et al.*, 2000).

Variações morfométricas e/ou estruturais das carapaças de foraminíferos, tecamebas e ostracodes podem ser reflexo das variações de parâmetros ambientais, como temperatura, salinidade, teor de oxigênio, quantidade de matéria orgânica. Dependendo da temperatura do ambiente, carapaças de foraminíferos, por exemplo, podem ter sentido de enrolamento para direita ou para esquerda ou apresentar tamanhos variáveis do prolóculo (i.e. formas microséricas ou macroséricas) (Boltovskoy & Wright, 1976). Por este motivo, essas feições morfológicas têm sido utilizadas como ferramentas em estudos paleoclimáticos (Ericson *et al.*, 1964; Kalia & Chowdhury, 1983; Nigan, 1986; Nigan & Rao, 1987). Outros dados morfológicos, como tamanho das carapaças, textura, quantidade e tamanho de poros, grau de deformidade das carapaças, podem também ser utilizados para evidenciar variações paleoambientais ao longo do Quaternário (Bernhard, 1986; Caralp, 1989; Bauch 1994; Duleba *et al.*, 1999).

Análises isotópicas ( $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ) e de elementos traços (Mg, Sr, Ba, Cd, F, B) das carapaças de foraminíferos e ostracodes calcários fornecem dados de paleotemperatura, paleosalinidade, paleoprodutividade, paleoprofundidade e das propriedades químicas das massas d'água pretéritas (Lea & Boyle, 1989; Cornfield, 1995; Langer, 1999; Lea, 1999;

Wolff *et al.*, 1999; Wefer *et al.* 1999). Isto é possível, pois a composição das testas calcárias reflete a composição da água do mar e as condições físicas e biológicas presentes durante a precipitação da calcita. Os isótopos de oxigênio e de carbono e elementos traços são incorporados diretamente da água do mar, durante a precipitação da calcita (Lea, 1999; Rohling & Cooke, 1999).

Além de estudos de reconstrução paleoambiental, foraminíferos, tecamebas e ostracodes podem ser utilizados em estudos bioestratigráficos. Foraminíferos planctônicos são excelentes fósseis-guias e várias espécies de foraminíferos bentônicos podem também ser utilizadas para solucionar problemas de correlação e estratigrafia. Contudo, quando os lapsos de tempo são relativamente curtos, os foraminíferos bentônicos não são tão bons indicadores quanto os planctônicos para determinar a idade geológica de sedimentos (Boltovskoy, 1973). Isto ocorre porque as variações evolutivas dos foraminíferos bentônicos foram mais lentas que as dos planctônicos (Haq & Boersma, 1978). Além disso, a distribuição dos bentônicos nos sedimentos é influenciada por numerosos fatores abióticos e bióticos (e.g. geoquímica e granulometria intersticial, barreiras naturais do fundo, variações da salinidade, teor de oxigênio e predação), ao passo que os planctônicos, devido à sua distribuição epipelágica, são mais influenciados pela temperatura da água superficial, distribuindo-se mais uniformemente nos limites das zonas climáticas (Arnold & Parker, 1999). Desde os trabalhos pioneiros de Shackleton & Opdyke (1973) e Imbrie *et al.* (1984), análises isotópicas têm sido utilizadas para refinar a estratigrafia do Quaternário (Berggren *et al.*, 1995; Fischer & Wefer, 1999).

Tecamebas podem ser potencialmente utilizadas em estudos bioestratigráficos (Medioli *et al.*, 1990a), contudo, até o momento nenhum estudo foi realizado. O mito de que tecamebas não se preservam em sedimentos mais antigos é totalmente errôneo (q.v. Medioli *et al.*, 1990 b; Porter & Knoll, 2000).

Tecamebas, apesar de serem mais frágeis à abrasão mecânica, são muito mais resistentes em pH baixo que moluscos e ostracodes (Medioli & Scott, 1988). De acordo com Medioli (1990a), as tecamebas resistem a preparações palinológicas. A escassez de registro fóssil das tecamebas deve-se mais à falta de atenção por parte dos pesquisadores do que à inexistência de material a ser encontrado (Loeblich & Tappan, 1964; Medioli *et al.*, 1990 b).

Ostracodes, por sua vez, têm grande potencial de aplicabilidade na bioestratigrafia, devido à curta amplitude temporal de algumas espécies, resultante de sua rápida evolução. Várias espécies de ostracodes vêm sendo utilizadas em zoneamentos de quase todos os tipos de facies, inclusive de depósitos mixoalinos e lacustres, que usualmente contêm poucos grupos fósseis. Entretanto, por serem organismos bentônicos (os planctônicos geralmente não fossilizam), seu valor bioestratigráfico é um pouco diminuído em virtude do controle de facies. Algumas espécies mais resistentes a mudanças ambientais possuem grande distribuição geográfica e são muito úteis em aplicações bioestratigráficas (*e. g.* em depósitos cretáceos não marinhos do Recôncavo e Grupo Bauru), o que pode ser constatado pelo grande número de publicações sobre este tema (Colin & Lethiers, 1988; Viana *et al.*, 1971; Coimbra *et al.*, no prelo).

## HISTÓRICO

### Foraminíferos sub-recentes e fósseis

Estudos sobre foraminíferos sub-recentes e fósseis do Quaternário têm sido realizados no Brasil desde a década de 50 e 60, quando Ericson *et al.* (1956, 1963, 1964) e Ericson & Wollin (1968) estudaram testemunhos coletados em regiões de oceano profundo do Atlântico, para detectar períodos glaciais.

A partir da década de 60 algumas instituições de

pesquisa nacionais (PETROBRÁS, UFRGS, USP) e estrangeiras (Woods Hole Oceanographic Institution, Lamont-Doherty Geological Observatory) iniciaram vários trabalhos, enfocando a topografia, estrutura e sedimentação da margem continental brasileira. Em 1969 e 1972, com a implantação dos projetos GEOMAR (Geologia Marinha) e REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), respectivamente, foi intensificada a realização de cruzeiros de pesquisa. Os resultados dessas campanhas estão documentados em diversos trabalhos publicados em periódicos nacionais e internacionais, muitos dos quais reproduzidos nos volumes 1 (1977) e 5 (1979) da Série REMAC. Dentre esses trabalhos, merecem destaques os de Vicalvi (1977); Vicalvi *et al.* (1977, 1978) e Vicalvi & Palma (1980) que enfocaram a bioestratigrafia e reconstrução paleoambiental de sedimentos quaternários da plataforma e talude do Rio Grande do Sul, de São Paulo, de Abrolhos e da região compreendida entre Maranhão e Ceará. Também deve-se mencionar o trabalho de Madeira-Falcetta, *et al.* (1980), que estudaram variações das associações de foraminíferos e radiolários da plataforma e talude do RS, desde o Plioceno ao Holoceno.

Nas décadas de 70 e 80, alguns trabalhos não vinculados a grandes projetos institucionais foram realizados em regiões estuarinas e de plataforma do sul e do sudeste do Brasil (*e. g.*, Petri & Suguio, 1971, 1973; Carvalho, 1977; Rodrigues & Carvalho-Pires, 1980 a, b; Carvalho, 1980; Madeira *et al.*, 1980 a, b; Bertels *et al.*, 1982; Boltovskoy *et al.*, 1982, 1983; Madeira & Carvalho, 1992).

Na década de 90 vários estudos foram realizados na região de plataforma, talude e bacia oceânica do Atlântico Sul, com a finalidade de se detectar mudanças paleoceanográficas e paleoclimáticas ao longo do Cenozóico (Dürkoop *et al.*, 1997; Hale & Pflaumann, 1999; Mackensen & Bickert, 1999; Mulitza *et al.*, 1999, entre muitos). Em regiões costeiras do Atlântico Sul (*e. g.* Ubatuba, Cananéia-

Iguape e Lagoa de Araruama) foram realizados estudos sobre variações paleoambientais e eustáticas dos últimos 10.000 anos, baseados em variações nas associações de foraminíferos e tecamebas (Duleba, 1997; Barbosa, 1997; Duleba *et al.*, 1999). Já na região de talude e plataforma norte, leste e nordeste brasileira, três grandes projetos multidisciplinares foram realizados: o JOPS (Joint Oceanographic Projects), o ODP (Ocean Drilling Program, pernas realizadas no leque amazônico) e o AMASSEDS (A Multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study). O JOPS e o ODP tiveram como principais objetivos compreender o padrão hidrodinâmico de massas d'água e os processos controladores da sedimentação e produtividade das plataformas leste e nordeste brasileira. Dentro deste projeto, foraminíferos recentes e sub-recentes, coletados em "box-corer", foram estudados (Wefer *et al.*, 1996; Dürkoop *et al.*, 1997; Mulitza *et al.*, 1997, 1998; Vilela & Maslin, 1997; Vilela, 1998; Maslin *et al.*, 1998; Arz *et al.*, 1998; Hale & Pflaumann, 1999; Mackensen & Bickert, 1999; Mulitza *et al.*, 1999; Rühlemann *et al.*, 1999, 2001; Wolff *et al.*, 1999; Passos, 2000; Schmidt & Mulitza, 2002). O projeto AMASSEDS, por sua vez, teve como objetivo principal estudar a dinâmica sedimentar e seus processos na plataforma continental norte brasileira, na foz do rio Amazonas. Dentro desse contexto, variações nas associações de foraminíferos bentônicos foram detectadas ao longo da coluna sedimentar, indicando períodos de produtividade primária alta e baixa (Vilela, 1994; 1995).

### Tecamebas sub-recentes e fósseis

Praticamente não foram realizados no Brasil estudos com tecamebas sub-recentes, cabendo citar Duleba (1997) e Duleba *et al.* (1997) que detectaram tecamebas em testemunhos localizados na região estuarina de Cananéia-Iguape. Tais organismos estariam relacionados à abertura do canal artificial do Valo Grande (1815 - 1978), que permitia o es-

coamento de uma parte do Rio Ribeira de Iguape.

Com relação às tecamebas fósseis, nenhum estudo ainda foi realizado.

### Ostracodes sub-recentes e fósseis

O estudo dos ostracodes fósseis iniciou no Brasil com Jones (1860), que descreveu algumas espécies do Eocretáceo da Bahia. Depois deste pequeno trabalho, quase nada foi publicado até o final dos anos 50, quando foram iniciados, de forma sistemática, o estudo de ostracodes, através de pesquisadores do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, do então Instituto de Ciências Naturais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mas, foi somente no final da década de 70 que Vicalvi *et al.* (1977) publicaram artigo tratando da aplicação de microfósseis calcários (dentre eles ostracodes) à interpretação paleoambiental do Quaternário. Utilizaram material retirado do testemunho # 4309 com 5,08 m de comprimento, datado como Pleistoceno Superior, e coletado pelo Projeto REMAC na plataforma média do estado de São Paulo. Este trabalho, pioneiro no estudo de ostracodes quaternários no Brasil, evidenciou a importância deste grupo de microcrustáceos no estudo das variações eustáticas, permitindo verificar a passagem de um ambiente fluvial a estuarino, marinho raso e, finalmente, marinho médio, característico de um ciclo transgressivo. Foram identificados 21 gêneros de ostracodes, sendo *Cyprideis* sp. a espécie mais abundante e freqüente, seguida por *Hemicytherura* sp. (= *Oculocytheropteron macropunctatum* Whatley *et al.*, 1988), *Patagonacythere* sp. (= *Coquimba bertelsae* Sanguinetti *et al.*, 1991) e *Xestoleberis* sp.

Madeira-Falsetta *et al.* (1980 b) realizaram estudo preliminar em dois testemunhos da planície costeira do Rio Grande do Sul, um perfurado na região da praia de Albatroz (ao norte) e outro no município de Palmares do Sul (ao sul). O primeiro mostrou a

base constituída por uma microfauna tipicamente marinha rasa, destacando-se, dentre os ostracodes, as seguintes espécies: *Cytheretta* sp. (= *Cytheretta punctata* Sanguinetti, 1979), *Callistocythere* sp. [= *Callistocythere litoralensis* (Rossi de Garcia, 1966)], *Loxoconcha* sp. (= *Loxoconcha bullata* Hartmann, 1955) e *Copytus* sp. O topo, estéril, era formado por sedimentos eólicos. Por sua vez, a perfuração realizada em Palmares do Sul apresentou variação eustática mais dinâmica, resumida como segue: lagunar na base, marinho raso na porção intermediária e novamente lagunar no topo. Dentre os ostracodes, *Cyprideis* sp. destaca-se nos intervalos tipicamente lagunares, tanto pela abundância quanto pela frequência. O intervalo marinho é caracterizado pelas espécies: *Bensonia* sp. (= *Argenticytheretta* sp.), *Caudites* sp., *Cytheretta* sp. (= *Cytheretta punctata* Sanguinetti, 1979), *Cytherura* sp. e *Bradeya* sp.

Bertels *et al.* (1982) estudaram a microfauna calcária da perfuração G414-PDS-2, com 69,50 m de profundidade, também realizada no município de Palmares do Sul, RS. Foram amostrados testemunhos das formações Graxaim (predominantemente continental), Chuí (marinha alternada com eventos mixoalinos) e Itapoã (eólica), esta última no topo. A ostracofauna apresentou 16 espécies, a maioria deixada em nomenclatura aberta. Nos estratos nitidamente marinhos destacaram-se as seguintes espécies: *Kangarina* sp. e *Bensonia minipunctata* [= *Argenticytheretta minipunctata* (Sanguinetti, 1979)]. Já os níveis mixoalinos continham ostracofauna dominada por *Cyprideis* sp. e *Minicythere heinii*.

Sanguinetti *et al.* (1991, 1992) e Carreño *et al.* (1997, 1999) estudaram ostracodes neoceno-zóicos da Bacia de Pelotas, planície costeira do Rio Grande do Sul. Os dois primeiros artigos versaram sobre a sistemática deste grupo no Neogeno e Quaternário da Bacia de Pelotas. Foram descritas numerosas espécies, predominando formas tipicamente marinhas

ou mixoalinas, estas últimas predominantemente do gênero *Cyprideis*. Dentre as formas dulceaquícolas foram encontradas apenas duas espécies, ambas relativamente raras: *Cypris cassinensis* e *Limnocythere* sp. Além disso, cabe destacar a proposição do gênero *Brasilicythere*, típico de plataforma interna/média e amplamente distribuído nos mares atuais do sul e sudeste do Brasil. Carreño *et al.* (1997) realizaram ensaio em bioestratigrafia do neoceno-zóico com base em ostracodes, tendo sido identificados três biozonas de associação para o Pleistoceno. Já Carreño *et al.* (1999), propuseram a existência de ciclos transgressivos/regressivos neoceno-zóicos, utilizando-se principalmente de ostracodes, mas também suportando suas interpretações com dados sedimentológicos e com base na paleoecologia de outros grupos de microfósseis presentes, como foraminíferos e micromoluscos previamente estudados por outros autores. Ficou evidenciado que os máximos transgressivos ocorreram no Neomioceno e no Pleistoceno, enquanto os máximos regressivos foram registrados no Plioceno e também no Pleistoceno.

Finalmente, mas não menos importante, deve-se destacar o artigo de Coimbra & Bergue (2001), que estudaram preliminarmente a ostracofauna do limite Pleistoceno/Holoceno no talude superior da Bacia de Santos, sendo este um trabalho pioneiro na pesquisa com associações de ostracodes batiais no Brasil.

## MÉTODOS DE CONTROLE BIOESTRATIGRÁFICO, DE ANÁLISES PALEOCLIMÁTICAS E DE DETECÇÃO DE VARIAÇÕES EUSTÁTICAS

### Em regiões de plataforma e talude

Em regiões de plataforma e talude, o controle estratigráfico e análises paleoambientais, ao longo de

testemunhos, podem ser obtidos por meio de:

1. curvas paleoclimáticas construídas com base na frequência relativa de espécies indicadoras de água quente e fria, como por exemplo, *Globorotalia menardii* s.l., *Globigerinoides ruber* s.l., *Globorotalia inflata*, *Globigerina bulloides*, *Truncorotalia truncatulinoides* (Boltovskoy, 1973; Vicalvi, 1977; Vicalvi & Palma, 1980; Passos, 2000). As espécies *Globorotalia menardii* s.l. (i.e *G. menardii* formas *typica*, *tumida*, *fimbriata* e *flexuosa*) e *Globigerinoides ruber* s.l. (*G. ruber* formas *rosea* e *alba*) são indicadoras de águas mais quentes, sendo abundantes em sedimentos depositados durante o Holoceno e interglaciais pré-holocênicos, e raras ou ausentes em sedimentos depositados durante ciclos de climas mais frios, como Wisconsin e glaciais pré-Wisconsin (Ericson & Woolin, 1968; Vicalvi & Palma, 1980; Hale & Pflaumann, 1999; Schmidt & Mulitza, 2002). Já *Globorotalia inflata*, *Globigerina bulloides* e *Truncorotalia truncatulinoides* são espécies indicadoras de águas frias (Boltovskoy, 1973);

2. desaparecimento e reaparecimento de determinadas espécies planctônicas de foraminíferos, como *Pulleniatina obliquiloculata*, que fornecem datum bioestratigráfico, ao longo dos últimos 175.000 anos A.P. (Vicalvi & Palma, 1980);

3. mudança no sentido de enrolamento das câmaras de determinadas espécies planctônicas, como *Globigerina pachyderma*, *Globigerina bulloides* e *Truncorotalia truncatulinoides*. Quando as câmaras, destas duas espécies, estão enroladas para direita, há predomínio de águas subantárticas. Quando enrolam para esquerda, indicam que ocorreu aumento da temperatura da água (água subtropical). Este método é particularmente útil de ser aplicado nas regiões do Atlântico Sul Ocidental e da Passagem de Drake (Boltovskoy, 1973);

4. utilização das espécies de ostracodes indi-

cadores de paleocirculação, como de *Krithe coimbrai*. Esta espécie é típica de plataforma externa/ talude superior e tem sua distribuição limitada a áreas sob influência de águas frias da Corrente das Malvinas. É registrada desde o Neomioceno até o Plio-Pleistoceno, associada tanto a morfotipos de *Bradleya* com valvas moderadamente calcificadas e ornamentação delicada, quanto a espécimes de *Henryhowella* muito espiniformes (em vez de aparência massiva), também típicos de regiões sob a influência de correntes frias (Carreño *et al.*, 1999);

5. análises isotópicas de  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$  (Mulitza *et al.*, 1997, 1998, 1999);

6. análises de elementos traços (Mg/Ca e Sr/Ca - variações de paleotemperatura; Ba/Ca variações da alcalinidade) (Wefer *et al.*, 1999);

7. análises radiométricas de  $^{14}\text{C}$ , principalmente pelo método A.M.S. em carapaças de foraminíferos planctônicos, como *Globigerinoides ruber* e *Globigerinoides sacculifer* (Arz *et al.*, 1998).

## Em regiões marinhas costeiras e parálicas

Em regiões marinhas costeiras e parálicas, geralmente o número de foraminíferos planctônicos é reduzido. Análises paleoambientais são baseadas quase que na sua totalidade em dados de foraminíferos e ostracodes bentônicos e tecamebas.

Os principais métodos utilizados em testemunhos obtidos na plataforma rasa ou em ambientes parálicos ou continentais são:

1. variação da composição faunística bentônica: esta variação poderá indicar variações na profundidade da lâmina d'água. A presença de tecamebas ou de ostracodes cipridáceos, darvinuláceos e/ou de citeráceos do gênero cosmopolita *Limnocythere* é muito importante para se detectar aporte de água doce. Às vezes, a variação na composição faunística não é grande, ocorrendo

sempre às mesmas espécies típicas de plataforma interna, desde a base até o topo do testemunho. Quando isto ocorre é necessário realizar outros tipos de análises mais refinadas para se detectar variações paleoambientais, como descrito a seguir;

2. análises morfológicas (dados morfométricos e da cor das carapaças) (Petri & Vieira, 1974; Duleba, 1993; Duleba *et al.*, 1999): com relação à morfometria, geralmente o dado mais utilizado é o do tamanho do eixo principal das carapaças. Tamanho das carapaças pode indicar as condições ambientais pretéritas. Por exemplo, tamanho reduzido em foraminíferos pode ser devido à reprodução tardia decorrente das condições adversas do ambiente (eventos de quase anoxia, escassez de alimentos) ou reflexo de reprodução precoce, devido a ótimas condições ambientais, como grande quantidade de alimentos (Bradshaw, 1961; Boltovskoy & Wright, 1976). Carapaças grandes só ocorrem em ambientes com altos teores de oxigênio (Phleger & Soutar, 1973). Outros dados morfológicos importantes são a coloração das carapaças (Duleba, 1994), o tipo de ornamentação e o tamanho dos poros das carapaças, que podem fornecer importantes dados sobre o grau de circulação hidrodinâmica local e dos teores de oxigênio;

3. análises tafonômicas: a partir da análise das paredes das carapaças é possível, muitas vezes, detectar se ocorreram processos abrasivos (devido à ação de fortes correntes) ou corrosivos (devido a pH baixo do meio). Em ostracodes, por exemplo, carapaças que sofreram abrasão e fragmentação, ou a presença de marcas de predação, podem indicar transporte. Todas essas informações auxiliam a detectar padrões de circulação pretéritos;

4. análise da estrutura populacional de ostracodes: a razão entre adultos e juvenis em uma associação de ostracodes permite inferir se as espécies são autóctones ou transportadas, bem como fazer estimativas acerca do nível de energia do ambiente e de processos de transporte de sedimentos

(Kontrovitz & Snyder, 1981). Isto porque carapaças juvenis são mais leves e mais facilmente transportadas do que carapaças de adultos (Whatley, 1988);

5. análises de morfogrupo: este tipo de análise consiste em agrupar espécies em grupos morfológicos que tenham características semelhantes, para se detectar microhabitats ou espécies indicadoras de ambientes com diferentes teores de oxigênio (Bernhard, 1986; Corliss & Chen, 1988; Corliss & Fois, 1990; Duleba *et al.*, 1999).

## CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR DE SCOTT & MEDIOLI (1980 E 1986)

Vários estudos têm demonstrado que o zoneamento vertical das associações de foraminíferos de ambientes parálisos é controlado principalmente pela elevação local em relação ao nível médio do mar e secundariamente pela salinidade, topografia do fundo, disponibilidade de alimento (Patterson, 1990; Scott & Leckie, 1990; Culver, 1990; Scott *et al.* 1990; Jennings & Nelson, 1992; Gehrels, 1994; Williams, 1994; Jennings *et al.*, 1995).

Partindo do princípio que a elevação do local é o principal fator responsável pela distribuição dos foraminíferos e que as espécies bioindicadoras dos zoneamentos se preservam em subsuperfície, Scott & Medioli (1980, 1986) têm utilizado *Jadammina macrencia*, *Ammotium salsum*, *Miliammina fusca* e *Pseudothurammia limnetis* para reconstruir variações eustáticas do Quaternário. A primeira espécie ocorre exclusivamente em pântano salobro alto (*high marsh*) e as três últimas ocorrem em pântano baixo (*low marsh*) (Scott & Medioli, 1980, 1986).

Apesar da eficiência deste método em regiões temperadas (Scott & Medioli, 1980, 1986; Williams, 1989; Gehrels, 1994; Gehrels & Van de Plassche, 1999), deve-se ter certas precauções ao utilizá-lo em regiões subtropicais e tropicais. Apesar dos man-



gues serem ambientes teoricamente homólogos aos pântanos das regiões do hemisfério norte, mudanças significativas dos parâmetros abióticos ocorrem, como diferenças no regime de maré, salinidade, pluviosidade, clima etc. As espécies de foraminíferos que ocorrem em mangues e pântanos de regiões do hemisfério norte são praticamente as mesmas que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais (Scott *et al.*, 1990; Debenay *et al.*, 2000), contudo a composição e a distribuição das associações é relativamente diferente (Jennings *et al.*, 1992; Debenay *et al.*, 2000; ver Duleba & Debenay, 2003; Duleba *et al.*, no prelo). Espécies bioindicadoras de pântano baixo (*Ammotium salsum*, *Pseudothurammina limnetis* e *Miliammina fusca*) e de pântano alto (*Jadammina macrecens*) no hemisfério norte, ocorrem desde a região de mangue até o estuário, em regiões subtropicais e tropicais (Duleba *et al.*, no prelo). Mesmo outras espécies, como *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammina inflata* que se restringem a regiões de pântano no hemisfério norte, em regiões subtropicais e tropicais, estas espécies se distribuem por todo o estuário (Duleba *et al.*, no prelo).

Além do problema mencionado acima, essas espécies bioindicadoras apresentam potencial de preservação muito distinto entre si (Jonasson & Patterson, 1992). Exemplos de *J. macrecens* são mais resistentes a processos de dissolução e preservam-se melhor em sedimentos subsuperficiais, já indivíduos de *A. salsum* são mais frágeis, com baixo potencial de preservação na subsuperfície (Goldstein & Harben, 1993; Goldstein *et al.*, 1996; Goldstein & Watkins, 1999). Portanto, diferentes potenciais de preservação dos foraminíferos podem produzir associações constituídas apenas de foraminíferos mais resistentes, mascarando a magnitude e a frequência das oscilações do nível do mar, determinadas pelas associações desses e de muitos outros foraminíferos (Martin, 1999).

## ESTRATIGRAFIA DOS SEDIMENTOS COSTEIROS E PRINCIPAIS EVENTOS PALEOAMBIENTAIS

A maioria dos depósitos cenozóicos brasileiros expostos no continente é continental ou lacustre. As transgressões marinhas foram esporádicas, locais e limitadas em seu avanço ao litoral, cujo contorno, em linhas gerais, aproximava-se do atual (Closs, 1971). Os depósitos cenozóicos marinhos são encontrados na extensa região costeira do Brasil que apresenta uma série de planícies alongadas, estreitas, descontínuas e geralmente recobertas por areias pouco consolidadas e afossilíferas.

Uma destas planícies é a planície costeira do Rio Grande do Sul. Closs (1970), num trabalho pioneiro sobre a estratigrafia da Bacia de Pelotas, estudou principalmente os foraminíferos de oito perfurações realizadas na planície costeira do RS. Identificou duas seqüências, uma miocênica e outra pleistocênica, e estabeleceram quatro biozonas de uso local, ressaltando que somente na seção miocênica foram encontrados foraminíferos planctônicos. Os fósseis mais importantes para a datação e correlação dos sedimentos terciários foram *Globigerinoides bispherica*, *G. glomerosa*, *G. transitoria*, *Orbulina suturalis*, *Globoquadrina venezuelana*, *Globorotalia obesa*, *G. foshi barisanensis*. A partir destas espécies foi possível correlacionar as camadas miocênicas da Bacia de Pelotas com o limite das zonas *Globigerinatella insueta* – *Globorotalia foshi barisanensis* da região caribenha. (Closs, 1971). Os foraminíferos bentônicos foram importantes para a correlação local das sondagens. Das quatro biozonas reconhecidas por Closs (1970, 1971), as espécies mais importantes para sua subdivisão foram: *Marginulina marginulinoides*, *Lenticulina rotulatus*, *Pseudononionella atlanticum*, *Siphonina australis*, *Textularia agglutinans*, *Cancris sagra* e diversas espécies de *Uvigerina*.

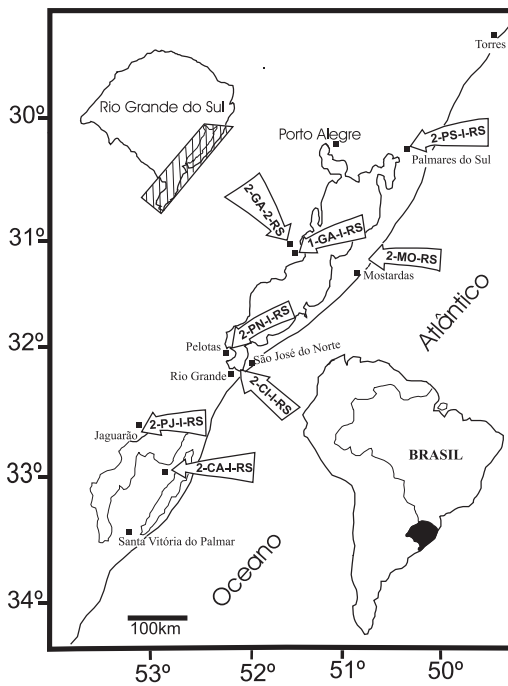
Além dos foraminíferos, Closs (1970) também apresentou estudo preliminar sobre moluscos, briozoários, braquiópodes e corais, que foi auxiliar nas interpretações paleoecológicas. Concluiu que a Bacia de Pelotas é uma bacia relativamente rasa (desde o Mioceno), com mergulhos pequenos e em direção à costa, e registra várias oscilações eustáticas, incluindo intervalos representativos de ambientes deltaicos, lagunares ou mesmo límnicos.

Dois trabalhos que evidenciam a aplicação dos ostracodes à bioestratigrafia e interpretação de variações eustáticas ao longo do Quaternário no Brasil, são os de Carreño, *et al.* (1997) e Carreño *et al.* (1999), ambos na Bacia de Pelotas (Figura 1). Os dois estudos, que abrangeram o intervalo compreendido entre o Neomioceno e Pleistoceno, utilizaram principalmente a análise de ostracodes, mas também utilizaram para suas interpretações dados obtidos com outros grupos fósseis, especialmente foraminíferos e nanofósseis calcários.

No intervalo exclusivamente Pleistoceno foram propostas três biozonas de associação (= cenozonas): Zona *Cyprideis posteroinflata* (na base), Zona *Coquimba bertelsae* e Zona *Argenticytheretta laevipunctata* (no topo). Entre as duas últimas biozonas ocorreu um intervalo informalmente denominado Interzona B, contendo uma ostracofauna abundante, porém pouco diversificada e sem espécies a ele restritas. Os resultados foram discutidos principalmente com os obtidos por Gomide (1989), com base em nanofósseis calcários. Em geral ocorreu boa correlação entre as conclusões bioestratigráficas obtidas pelos diferentes autores, notadamente para o intervalo correspondente ao Pleistoceno.

Carreño *et al.* (1997) concluíram que as drásticas mudanças na composição e abundância das associações de ostracodes e foraminíferos bentônicos, verificadas ao longo do Neoceno-zóico na Bacia de Pelotas, sugeriam vários eventos transgressivos/regressivos, os quais teriam provocado o retrabalhamento de espécies mais antigas e excluído

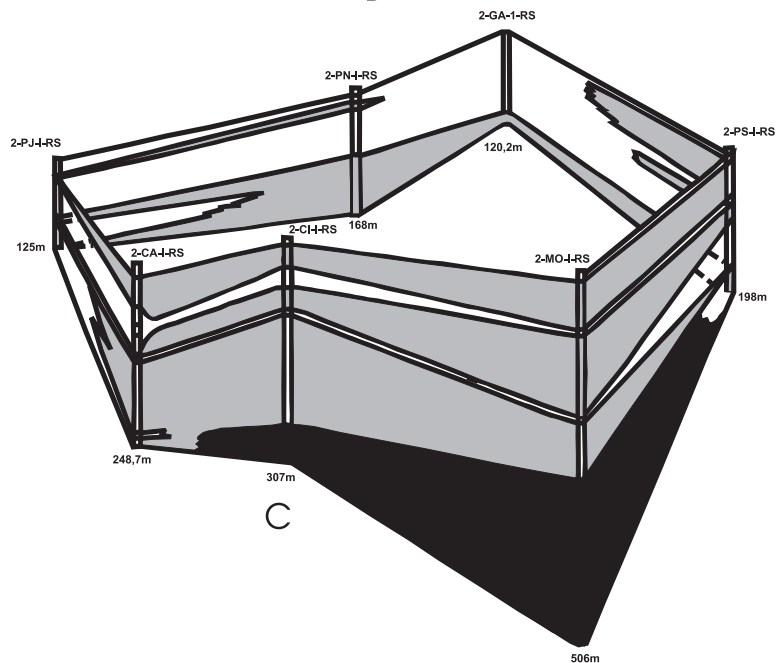
a presença de certas espécies. O tema foi aprofundado no trabalho de Carreño *et al.* (1999), que identificaram vários ciclos de variação eustática no intervalo em apreço, inclusive no Pleistoceno, quando foi verificado o máximo da segunda transgressão (~1,6 Ma), iniciada ainda no Plioceno. Este evento foi marcado principalmente por *Cytheretta punctata*, *Ambostracon crucicostatum* e *Callistocythere litoralensis*, três espécies características de plataforma interna. Mais acima na seção, na Zona *Cyprideis posteroinflata*, está marcado o segundo evento regressivo, dominado por espécies do gênero *Cyprideis* e, no seu máximo, contando com a presença de duas espécies dulceaquícolas: *Cypris cassinensis* e *Limnocythere* sp. Já na base da Zona *Coquimba bertelsae* ocorre o restabelecimento da ostracofauna tipicamente marinha rasa, destacando-se a presença das espécies *Ambostracon crucicostatum*, *Callistocythere litoralensis*, *Caudites posdiagonalis*, *Coquimba bertelsae*, *Coquimba tenuireticulata*, *Cytheretta punctata* e *Quadracythere eichlerae*. Temos, então, o registro de um terceiro evento transgressivo. Poucos espécimes de *Cyprideis* foram também ali encontrados, indicando grande redução na influência de águas salobras. A ocorrência relativamente abundante de *Henryhowella rectangularata*, ainda dentro da Zona *Coquimba bertelsae*, e a total ausência de *Cyprideis*, deve indicar um aprofundamento da lâmina d'água, podendo ser interpretado como um ambiente de plataforma externa/talude superior. Em direção ao topo, ocorreu mais um evento regressivo, o terceiro, dominado por espécies de *Cyprideis*. A presença, pelo menos na base da Interzona B, do topo da Zona *Gephyrocapsa oceanica* (biozona de nanofósseis calcários identificada por Gomide, 1989), situa o máximo desta regressão em torno de 185 ka. A Zona de *Argenticytheretta laevipunctata*, dominada pela espécie homônima de ostracode marinho, e rica em várias espécies tipicamente marinhas rasas, marca o quarto evento transgressivo, que pode ser correla-



A



B



C

Figura 1. Ostracodes e ciclos transgressivos/regressivos do Neogene e Quaternário na Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. Profundidades em metros. Fotografias de apenas seis espécies representativas de cada ambiente. Total de ostracodes identificados = 24 espécies (adaptado de Carreño, Coimbra & Carmo, 1999).

cionado ao evento Pleistocênico III de Villwock & Tomazelli (1995), datado de ~120 ka. Esse último evento regressivo está marcado somente em duas das sete perfurações estudadas, ambas no sul do Rio Grande do Sul, e é caracterizado pela completa ausência de microfauna calcária.

Outro exemplo a ser dado é o da planície costeira do litoral paulista, situada entre Cananéia-Iguape. Esta região oferece um modelo de sedimentação marinha e lagunar iniciada no final do Pleistoceno Médio e ainda em curso. Petri & Suguio (1971, 1973) e Suguio & Petri (1973) estabeleceram os fundamentos da estratigrafia regional.

Através da Figura 2 pode se observar perfil interpretativo da constituição geológica da região. Os sedimentos mais antigos, que se sobrepõem diretamente ao embasamento pré-cambriano correspondem à Formação Pariqüera-Açu (Bigarella & Mousinho, 1965). Esta formação é constituída por sedimentos de origem continental areno-lamosos, pouco consolidados, alternados por camadas de conglomerados (Melo, 1990). A análise palinológica desses sedimentos revelou a presença de angiospermas, indicativas de idades pliopleistocênicas e de clima árido (Sundaram & Suguio, 1985).

Sobrepostos a esses sedimentos ocorrem a Formação Cananéia, denominação devida a Petri & Suguio (1971). A parte inferior dessa unidade constitui-se de sedimentos argilo-arenosos e a superior de arenosos. A presença de diatomáceas (*Polymixus coronalis*, *Terpsinoe musica*, *Triceratium patagonicum*, *T. favus*, *Coscinodiscus asteromphalus*) e foraminíferos (*Ammonia catesbyana*, *Criboelphidium poyeanum*, *Globigerina bulloides*, *Bulimina marginata*, *Brizalina striatula*, *Hanzawaia concêntrica*) nesses sedimentos indicam a passagem de ambiente continental (Fm. Pariqüera-Açu) para marinho (Fm. Cananéia) (Petri & Suguio, 1973). Configura-se, desse modo, um episódio transgressivo.

Na porção superior da Formação Cananéia são

observados sedimentos arenosos com fragmentos vegetais, raros moldes de conchas de moluscos e tubos de crustáceos (*Callichirus* sp.). As perfurações de *Callichirus* sp. testemunham bem uma regressão, pois esta espécie é típica de região entremarés. Próximo ao topo da unidade passam a ocorrer intercalações de argila, algumas com fendas de dessecação. As aerofotos realizadas no local mostram que, em certas exposições do topo da formação, configuram-se feixes de paleocordões arenosos. Tais fatos indicam ocorrência de uma fase regressiva.

Os trabalhos pioneiros de Petri & Suguio (1971, 1973) e Suguio & Petri (1978), bem como outros (ver Suguio, 1986, como revisão) forneceram subsídios para a elaboração da curva eustática de Suguio & Martin, (1978).

Posterior a esses trabalhos clássicos, Duleba (1997) detalhou variações holocênicas ocorridas entre  $3740 \pm 70$  anos A.P. e os dias atuais, nesse sistema estuarino-lagunar. Identificou quatro grandes grupos de associações ou biofácies de foraminíferos, tecamebas e ostracodes, ao longo de 9 testemunhos.

A **biofácies 1**, situada nas porções basais dos testemunhos, caracterizou-se por apresentar valores de densidade, riqueza e diversidade baixos. Esta biofácies é constituída por foraminíferos calcários marinhos (*Pararotalia cananeiaensis*) e/ou mixoalinos (*Ammonia tepida*, *Elphidium excavatum* forma *excavata*). Em alguns intervalos próximos à base dos testemunhos CAN1, CAN3, CUB4 e IGUA2 foram observados níveis com concentração de *Pararotalia cananeiaensis*, o que sugere aumento da influência marinha na área, datado em 760 anos A.P.

A **biofácies 2**, situada nas porções médias dos testemunhos, apresentou valores relativamente mais altos de densidade, riqueza e diversidade que os da biofácies 1. Esta biofácies é constituída por foraminíferos calcários mixoalinos (*Ammonia tepida*, *Elphidium excavatum* forma *excavata*) e/ou aglutinantes típicos de ambientes parálisos confina-

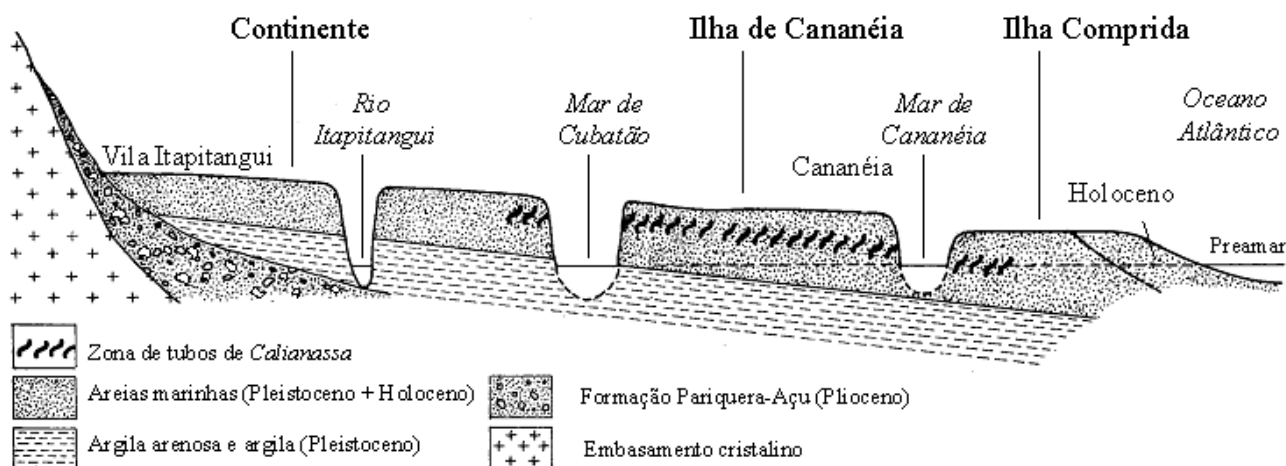


Figura 2. Seção interpretativa da região de Cananéia-Iguape, segundo Suguio & Martin (1978).

dos (*Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Ammotium salsum*, *Ammobaculites exiguus*, *Reophax nana*) e por ostracodes (*Loxoconcha bullata*, *Semicytheura* sp., *Whatleyella sanguinettiae*).

A **biofácies 3**, presente nas porções superiores dos testemunhos, caracterizou-se por apresentar valores de densidade, riqueza e diversidade baixos. Os foraminíferos aglutinantes observados nas porções médias dos testemunhos continuam ocorrendo, contudo, associados a algumas tecamebas. Nos outros testemunhos mais afastados do Valo Grande, as associações são compostas predominantemente por textularíneos (*Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Ammotium salsum*, *Miliammina fusca*). Nos testemunhos IGUA2 e IGUA3, situados próximos ao Valo Grande, ocorre a biofácies 4, constituída quase que exclusivamente por tecamebas (*Centropyxis aculeata*, *C. constricta*, *D. protaeformis*, *D. oblonga*). A ocorrência de tecamebas está provavelmente relacionada à construção do canal artificial do Valo Grande, que foi construído, em 1834, para permitir a comunicação entre o rio Ribeira de Iguape e o sistema

estuarino-lagunar.

As variações na composição faunística indicaram gradativa transição de ambiente sob forte influência marinha a fortemente confinado, durante a evolução holocênica da região estuarina-lagunar de Cananéia-Iguape. Estas variações permitiram detectar:

- a. forte presença marinha, datada em 760 anos A.P (talvez em função da destruição de algum cordão litorâneo);
- b. aumento brusco do aporte de água doce, devido à construção do Valo Grande, em 1834.

Na região de Ubatuba, SP, Duleba *et al.* (1999) caracterizaram as variações temporais holocênicas de ambiente semiconfinado, por meio de análises de morfogrupo e morfológicas de espécies de foraminíferos, ao longo de cinco testemunhos. A partir da base arenosa e estéril dos testemunhos, correspondente a uma paleoplanície (de idade pleistocênica – Mahiques, 1992), foi observada a deposição de facies arenolamosa, pobres em microfauna. A maioria das espécies desta microfauna era pertencente à epifauna (*e. g. Quinqueloculina* spp.) e várias cara-

paças apresentavam sinais de abrasão, sugerindo que as condições hidrodinâmicas locais eram mais intensas que as atuais. Acima da facies arenolamosa foi observada facies lamoarenosa, rica em foraminíferos da infauna (*e. g. Buliminella elegantissima, Bolivina spp.*), com alguns sinais de corrosão. A passagem de ambiente óxico (situado na base) para ambiente predominantemente redutor foi interpretada como afogamento progressivo da baía pelo evento transgressivo Santos (5.100 a 3.000 anos A.P.). Próximo ao topo do testemunho, carapaças muito corroídas foram observadas. Esse aumento do processo corrosivo indicaria que a região do Saco da Ribeira, local onde foram efetuadas as testemunhagens, estaria ligada a outra enseada (Enseada da Fortaleza), quando o nível do mar estava alto. Quando este abaixou, o tómbolo do Saco da Ribeira foi formado, impingindo uma circulação mais restrita ao local estudado.

Além dos trabalhos citados acima, deve-se mencionar o de Barbosa (1997). Esta autora reconheceu cinco fases evolutivas nas lagunas de Araruama, Saquarema, Vermelha, Brejo do Espinho e Jacarepiá:

**Fase 1** - Idades de  $6530 \pm 100$  anos A.P. a  $7170 \pm 110$  anos A.P., deposição siliciclástica arenosa, presença de *Ammonia spp.*, *Criboelphidium excavatum f. selseyensis*,  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$  muito negativos, indicando laguna ampla, com comunicação oceânica, mas com presença de ilha ou ilhas barreiras à frente.

**Fase 2** - Idades de  $5790 \pm 90$  anos A.P. e  $4320 \pm 100$  anos A.P. A laguna se instala definitivamente, com diminuição na energia do meio físico, anóxico.

**Fase 3** - Individualização das lagunas intercórdão, deposição siliciclástica variável na base passando a carbonato variável ao topo. Antes do fechamento definitivo da laguna, esta foi invadida por águas frias de ressurgência ( $2340 \pm 90$  anos A.P.).

**Fase 4** - Litofácies carbonáticas de ambiente perimará raso, com tapetes algálicos.

**Fase 5** - Lama orgânica carbonática, bioturbada, com salinidades acima da marinha normal.

## ESTRATIGRAFIA DOS SEDIMENTOS OCEÂNICOS E PRINCIPAIS EVENTOS PALEOCEANOGRÁFICOS E PALEOCLIMATOLÓGICOS QUATERNÁRIOS NO ATLÂNTICO SUL

Na década de 70 e início da de 80, Damuth (1976); Vicalvi (1977), Vicalvi *et al.*, (1977, 1978) e Vicalvi & Palma (1980) estabeleceram os fundamentos da estratigrafia quaternária para o Atlântico Sul. Nesses trabalhos, a lito e bioestratigrafia dos sedimentos da margem continental brasileira, com as oscilações climáticas e eustáticas nos últimos 130.000 anos, foram descritas. Esses trabalhos pioneiros, aliados, posteriormente aos resultados de diversos estudos sedimentológicos, geoquímicos e geomorfológicos, realizados na margem continental brasileira (q.v. publicações do Projeto REMAC), subsidiaram a elaboração de um modelo de evolução sedimentar da margem continental, bem como uma curva eustática dos últimos 16.000 anos (Kowsmann & Costa, 1979), o qual é comentado a seguir.

De acordo com Kowsmann & Costa (1979), durante o máximo glacial (16.000 e 14.000 anos A.P.) o nível do mar estaria pelo menos 130 metros abaixo do atual. Quase toda a plataforma continental encontrava-se emersa, exceto na região sul. Na plataforma externa, desde a foz do Amazonas até Cabo Frio, os calcários, geralmente produto de construções recifais, que se desenvolveram em ritmo quase contínuo durante o Terciário, ficaram expostos, sendo localmente recortados por cursos fluviais que atravessaram toda a plataforma. Rios como o Amazonas, Pará, São Francisco, Jequitinhonha e outros desenvolveram canhões na atual plataforma. De Cabo Frio para o sul, o limite externo da plataforma jazia

submerso. A plataforma da região sul exhibe depósitos, interpretados como fluviais, que são produto da progradação durante o Wisconsiniano. Tais depósitos são particularmente evidentes nas atuais plataformas de São Paulo e Paraná, onde ampla rede de drenagem se desenvolveu, graças aos fortes gradientes da Serra do Mar. Ao sul do Rio Grande se estende um nítido vale, paralelo à costa, sugerindo conexão com a drenagem do rio da Prata.

Ainda de acordo com Kowsmann & Costa (1979), a transgressão flandriana (14.000 a 7.000 anos A.P.) caracterizou-se pela ascensão relativamente rápida do nível do mar, interrompida por curtos intervalos de tempo de estabilização. Em termos de registros de ambientes sedimentares costeiros, duas estabilizações foram identificadas: há cerca de 13.000 e 11.000 anos A.P., seguindo, em linhas gerais, as isóbatas de 110 e 60 metros, respectivamente. No início da transgressão flandriana os principais rios brasileiros ainda estariam ligados aos seus canhões. Com nível do mar estabilizado na isóbata atual de 110 metros, e o rio Amazonas ainda ligado ao seu canhão, depositaram-se os sedimentos oolíticos na linha da costa e carbonatos biogênicos na plataforma a noroeste do rio.

As plataformas continentais do Pará, Maranhão, nordeste e leste permaneceram emersas, com a estabilização na isóbata de 110 metros, ocorrendo então a abrasão marinha de terraços hoje submersos. Na região sul a rede de drenagem wisconsiniana, que era localmente desenvolvida, principalmente no embaçamento de São Paulo, começava a ser afogada. Com a retomada da transgressão flandriana, ultrapassada a isóbata de 60 metros, voltavam a crescer os carbonatos recifais da plataforma continental externa ao largo da foz do Amazonas, devido ao desvio para noroeste do material em suspensão trazido pelos rios, desvio este causado pelas correntes litorâneas. Nas porções externas das plataformas do Pará-Maranhão e nordeste-leste iniciou-se deposição de calcários recifais, uma vez que os rios mais

importantes mantinham-se ligados aos seus canhões. Durante os últimos eventos, ocorridos de 7.000 anos até hoje, a taxa de elevação do nível do mar decresceu consideravelmente. A total submersão da plataforma continental deu lugar ao desenvolvimento de carbonatos recifais nas regiões norte e nordeste-leste, exceto ao largo dos rios principais.

Após o modelo de sedimentação de Kowsmann & Costa (1979), vários conceitos foram revistos (como o zoneamento vertical dos depósitos oceânicos, baseado em curvas paleoclimáticas de *Globorotalia menardii*) e métodos de análise de isótopos de oxigênio foram aprimorados. O método “transfer function” de análise fatorial de Imbrie & Kipp (1971), passou a ser amplamente utilizado e, conjuntamente com análises isotópicas, estabeleceu-se a estratigrafia isotópica (c.f. Imbrie *et al.*, 1984; CLIMAP – Project Members 1981, 1984). A estratigrafia do Quaternário continua sendo intensamente estudada pelo Ocean Drilling Project (ODP) ou por outros projetos, de modo que há disponível na literatura, escalas de tempo reconhecidas internacionalmente e atualizadas (q.v. Berggren *et al.*, 1995).

Em regiões de mar profundo do Atlântico Sul, vários trabalhos, principalmente baseados em análises isotópicas de  $\delta^{18}\text{O}$ , foram realizados (ver histórico acima). A composição de isótopos estável de foraminíferos planctônicos tem permitido refinar a bioestratigrafia e a paleoceanografia do Quaternário do Atlântico Sul (Wolff *et al.*, 1999; Rühlemann *et al.*, 1999; Fischer & Wefer, 1999 - como revisão), bem como evidenciar, por exemplo:

**a.** períodos climáticos mais quentes, úmidos e associados a pulsos de sedimentos terrígenos no talude superior (Arz *et al.*, 1998);

**b.** flutuações cíclicas (da ordem de 41 kyr) da profundidade da termoclina, devido à variação do gradiente de temperatura (Mullitz *et al.*, 1997; Wolf *et al.*, 1999);

**c.** e períodos de ressurgência (18.000 anos A.P.)

na porção sul do banco de Abrolhos (Passos, 2000).

## CONCLUSÕES

Foram apresentados e discutidos os principais trabalhos e métodos sobre paleoceanografia, paleoclimatologia e bioestratigrafia, baseados em associações de foraminíferos, tecamebas e ostracodes, realizados no Atlântico Sul. Destes trabalhos constata-se que a maioria foi baseada em dados de associações de foraminíferos, seguidos de ostracodes. A utilização de tecamebas como indicadores paleoambientais está ainda no começo.

Com base em foraminíferos bentônicos, as variações das influências das correntes frias (Malvinas, ACAS) e quentes (Corrente do Brasil) foram registradas em diversos trabalhos (Boltovskoy, 1973; Vicalvi, 1977; Vicalvi & Palma, 1980; Carvalho, 1980; Arz *et al.*, 1998, Mulitza *et al.*, 1999), reflexos das variações paleoclimáticas.

Para os depósitos de águas mais profundas (plataforma externa, batial e abissal) as associações de foraminíferos planctônicos são as que fornecem as informações mais importantes (Fischer & Wefer, 1999, como revisão). Essas associações são distinguidas tanto pela presença ou ausência de espécies como também pelas variações das direções de enrolamento ou variações dos valores isotópicos de oxigênio e carbono. As variações isotópicas de testas de foraminíferos foram importantes para a avaliação da temperatura da água onde eles viviam (Lea, 1999, Wefer *et al.* 1999).

No que tange aos ostracodes, foi possível reconhecer algumas espécies típicas de certos subambientes *Krithe coimbrai* da plataforma externa-talude superior. O estudo das sondagens da PETROBRÁS da Bacia de Pelotas, RS, permitiu a proposição de importante esquema de biozoneamento estratigráfico do Neomioceno ao Pleistoceno, com base em ostracodes (Carreño *et al.*, 1997, 1999).

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild pela revisão do abstract.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, A. J.; PARKER, W. C. Biogeography of planktonic Foraminifera. In: SEN GUPTA, B. K. *Modern Foraminifera*. Amsterdam, Kluwer Academic Publisher, 1999. p.103-122.
- ARZ, H W; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrigenous sediment yield inferred from last-glacial marine deposits off northeastern Brazil. *Quaternary Research*. v. 50, p. 157-166, 1999.
- ARZ, H W; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Climatic changes during the last deglaciation recorded in sediment cores from the northeastern Brazilian Continental Margin. *Geo-Marine Letters*. v. 19, p. 209-218, 1999.
- BAUCH, H. A. Significance of variability in *Turborotalia quinqueloba* (Nataland) test size and abundance for paleoceanographic interpretations in the Norwegian-Greeland Sea. *Marine Geology*. v. 121, p. 129-141, 1994.
- BARBOSA, C. F. *Reconstituição paleoambiental de fácies lagunares com base em foraminíferos: O nível do mar no Quaternário Superior na área de Cabo Frio, RJ*. 1997. 2v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências USP, São Paulo, São Paulo.
- BERGGREN, W. A.; KENT, D. V.; SWISHER III, C. C.; AUBREY, M. P. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: BERGGREN, W. A.; KENT, D. V.; SWISHER III, C. C.; AUBREY, M. P.; HAAEDENGOL, J. *Geochronology, Time, Scales and Global Stratigraphy Correlation*. Society Economic Paleontologic Mineral: Special publication, 1995. v. 54, p.29-212.



- BERNHARD, J. M. Characteristics assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 16, p. 207-215, 1997.
- BENSON, R. H. Morphologic stability in Ostracoda. *Bulletins of American Paleontology*. v. 65, p. 13-46, 1975.
- BENSON, R. H.; CHAPMAN, R. E.; DECK, L. T. Evidence from the Ostracoda major events in the South Atlantic and world-wide over the past 80 million years. In: HSÜ, K. J.; WEISSERT, H. J. *South Atlantic Paleoceanography*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. p. 325-350.
- BERTELS, A.; KOTZIAN, S. C. B.; MADEIRA-FALCETTA, M. Micropaleontologia (Foraminíferos y ostracodos del cuaternario de Palmares do Sul - formacion Chuí - Brasil). *Ameghiniana, Revista Asociacion Paleontologia*. v. 19, p.125-156, 1982.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. Contribuição ao estudo da Formação Pariquerá-Açu (Estado de São Paulo). *Boletim Paranaense Geografia*. v. 16/17, p.17-41, 1965.
- BOLTOVSKOY, E. Foraminifera as biological indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology*. v. 5, p. 473-481, 1959.
- BOLTOVSKOY, E. Estudio de testigos submarinos del Atlantico Sudoccidental. *Revista do Museo argentino de Ciências Naturales*. "Bernardino Rivadavia", *Geologia*. v. 7, p. 215-340, 1973.
- BOLTOVSKOY, E.; WRIGHT, R. *Recent Foraminifera*. Netherlands: Dr. W. Junk, The Hague, 1976. 515 p.
- BOLTOVSKOY, E.; MADEIRA-FALCETTA, M.; THIESEN, V. Z. Foraminíferos del Testigo 22 (Talud de Brasil Meridional). *Ameghiniana, Revista Asociacion Paleontologia*. v. 1-2, p.179-208, 1982.
- BOLTOVSKOY, E.; THIESEN, Z. V.; MADEIRA-FALCETTA, M. Foraminíferos de cuatro perforaciones de la planicie costeira de Rio Grande do Sul (Brasil). *Pesquisas*. Porto Alegre. v. 15, p.127-149, 1983.
- BRADSHAW, J. S. Laboratory experiments on the ecology of Foraminifera. *Contributions Cushman Foundation for Foraminiferal Research*. v. 12, p.87-106, 1961.
- CARALP, M. H. Size and morphology of the benthic foraminifer *Melonis barleeanum*: relationship with marine organic matter. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 19, p. 235-245, 1989.
- CARREÑO, A. L.; COIMBRA, J. C.; SANGUINETTI, Y. T. Biostratigraphy of the late Neogene and Quaternary Ostracodes from Pelotas Basin, Southern Brazil. *Gaia*, v. 14, p. 33-43, 1997.
- CARREÑO, A. L.; COIMBRA, J. C.; DO CARMO, D. A. Late Cenozoic sea level changes evidenced by ostracodes in the Pelotas basin, southernmost Brazil. *Marine Micropaleontology*, 37: 117-129, 1999.
- CARVALHO, M. G. P. Análise de foraminíferos dos testemunhos da plataforma continental sul do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 52, p.379-402, 1980.
- CLIMAP - PROJECT MEMBERS. Seasonal reconstruction of the earth's surface at the last glacial maximum. *Geological Society of America: Map and chart series MC*. v. 36, 1981.
- CLIMAP - PROJECT MEMBERS. The last interglacial ocean. *Quaternary Research*. v. 21, p.123-224, 1984.
- CLOSS, D. Estratigrafia da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Iheringia: Série geologia*. v. 1, p. 3-76, 1970.
- CLOSS, D. Fósseis Cenozóicos da Bacia de Pelotas. *Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*. v. LIV, p.25-26, 1971.
- COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARREÑO, A. L.

- (no prelo). Biostratigraphy of lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Geobios*, 2003.
- COIMBRA, J. C.; BERGUE, C. T. Ostracodes quaternários do talude da Bacia de Santos, Brasil. In: Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas, 1, 2001. Lisboa. Anais. Sociedade Geológica de Portugal, Lisboa, 2001. p. 105-108.
- COLIN, J. P.; LETHIERS, F. 1988. Ostracods, their importance in biostratigraphic analysis. In: DE DECKKER, P.; COLIN, J. P. & PEYPOUQUET, J. P. Ostracoda in the earth sciences. Amsterdam: Elsevier. 302p.
- CORNFIELD, R. M. An introduction to the techniques, limitations and lamarks of carbonate oxygen isotope paleothermometry. In: BOSENCE, D. W.; ALLISON, P. A. *Marine Paleoenvironmental Analysis from Fossils*. Geological Society Special Publication, 1995. v. 83, p. 27-42.
- CORLISS, B. H.; CHEN, C. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*. v. 16. p.716-719, 1988.
- CORLISS, B. H.; FOIS, E. Morphotype analysis of deep-sea benthic foraminifera from the northwest Gulf of Mexico. *Palaios*. v. 5, p. 589-605, 1991.
- CRONIN, T. M.; RAYMO, M. E.; KYLE, K. P. Pliocene (3.2-2.4 Ma) ostracode faunal cycles and deep ocean circulation, North Atlantic Ocean. *Geology*. v. 24, p. 695-698, 1996.
- CULVER, C. S. Benthic foraminifera of Puerto Rican mangrove-lagoon systems: potential for paleoenvironmental interpretations. *Palaios*. v. 5, p.34-51, 1990.
- DAMUTH, J. E. Sedimentation of the north brazilian continental margin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências: Suplemento*. v. 48, p. 43-50, 1976.
- DEBENAY, J. P.; GUILOU, J. J.; REDOIS, F.; GESLIN, E. Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments: a base for using foraminifera as early warning indicator of anthropic stress, In: MARTIN, R. *Environmental Micropaleontology*. Plenum Publishing Corporation, 2000. p. 39-67.
- DULEBA, W. *Variações nas associações de foraminíferos ao longo da coluna sedimentar da Enseada do Flamengo, Ubatuba, SP*. 1993. 1v. Dissertação (Mestrado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DULEBA, W. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos, da Enseada do Flamengo. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. São Paulo, v. 42, p.63-72, 1994.
- DULEBA, W. *Variações nas associações de tecamebas, foraminíferos e ostracodes sub-recentes da região lagunar de Cananéia-Iguape, SP*. 1997. 1v. Tese (Doutorado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo e Laboratoire de Geologie, Université d'Angers (France).
- DULEBA, W.; DEBENAY, J-P. EICHLER, B. B. Temporal changes in holocene lagoonal assemblages of foraminifera and thecamoebian from Cananéia-Iguape, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE "APPLICATION OF MICROPALAEONTOLOGY IN ENVIRONMENTAL SCIENCES", 1, 1997. Tel Aviv. Abstract Book: Tel Aviv University, 1997. p. 53-54.
- DULEBA, W.; DEBENAY, J. P. EICHLER, B. B. Holocene environmental and water circulation changes: foraminifer morphogroups evidence in Flamengo Bay (SP, Brazil). *Journal of Coastal Research*. v. 15, p. 554-571, 1999.
- DULEBA, W., DEBENAY, J. P. Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 33, p. 62-93, 2003.

- DULEBA, W.; COIMBRA, J. C. S.; PETRI, S. BARBOSA, C. F. Foraminíferos, tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. OLIVEIRA, P. E.; SANTOS, M. *O Quaternário do Brasil* (no prelo).
- DÜRKOOP, A.; HALE, W.; MULITZA, S.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary variations of sea surface salinity and temperature in the western tropical Atlantic: Evidence from  $d^{18}O$  of *Globigerinoides sacculifer*. *Paleoceanography*. v. 12, p.764-772, 1997.
- ERICSON, D. B.; BROECKER, W. S.; KULP, J. L.; WOLLIN, G. 1956. Late Pleistocene climates and deep-sea sediments. *Science*. v. 139, p. 727-737, 1956.
- ERICSON, D. B.; EWING, M.; WOLLIN, G. Pliocene-Pleistocene boundary in deep-sea sediments. *Science*, v. 139, p. 727-737, 1963.
- ERICSON, D. B.; EWING, M.; WOLLIN, G. The Pleistocene epoch in deep-sea sediments. *Science*, v. 146, p. 3654, 1964.
- ERICSON, D. B.; WOLLIN, G. Pleistocene climates and chronology in the deep sea sediments. *Science*, v. 162, p.3859, 1968.
- FAUL, K. L.; RAVELO, A. C. DELANEY, M. L. Reconstructions of upwelling, productivity, and photic zone depth in the eastern equatorial Pacific Ocean using planktonic foraminifera stable isotopes and abundance. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 30, p. 110-125, 2000.
- FISCHER, G.; WEFER, G. *Use of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, 1999, 735p.
- GEHRELS, W. R. Determining relative sea-level change from salt-marsh Foraminifera and plant zones on coast of Maine, USA. *Journal of Coastal Research*. v. 18, p. 990-1009, 1994.
- GEHRELS, W. R.; VAN DE PLASSCHE, O. The use of *Jadammina macrescens* (Brady) and *Balticammina pseudomacrescens* Brönnimann, Lutze and Whittaker (Protozoa: Foraminiferida) as sea-level indicators. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, v. 149, p. 89-101, 1999.
- GOLDSTEIN, S. T.; HARBEN, E. B. Taphofacies implications of infaunal foraminiferal assemblages in a Georgia salt marsh, Sapelo Island. *Micropaleontology*. v. 39, p. 53-62, 1993.
- GOLDSTEIN, S. T.; WATKINS, G. T.; KUHN, R. M. Microhabitats of salt marsh foraminifera: St. Catherines island, Georgia, USA. *Marine Micropaleontology*. v. 26, p. 17-29, 1996.
- GOLDSTEIN, S. T.; WATKINS, G. T. Taphonomy of salt marsh foraminifera: an example from coastal Georgia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*. v. 49, p. 103-114, 1999.
- GOMIDE, J. 1989. Bacia de Pelotas - Biocronoestratigrafia baseada em nanofósseis calcários. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 11, 1989. Anais. v. 1, p. 239-351.
- HARTMANN, G. Neue marine Ostracoden der familie Cypridae und der subfamilie Cytherideinae der familie Cytheruridae aus Brasilien. *Zoologischer Anzeiger*. v. 154, p. 109-127, 1955.
- HALE, W.; PFLAUMANN, U. Sea-surface temperature estimations using a modern analog technique with foraminiferal assemblages from western Atlantic quaternary sediments. In: FISCHER, G.; WEFER, G. *Use of Proxies Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, 1999. p.69-90.
- HAQ, B. U.; BOERSMA, A. *Introduction to marine micropaleontology*. New York: Elsevier Biomedical, 376 p., 1978.
- HIPPENSTEEL, S. P.; MARTIN, R. E.; NIKITINA, D.; PIZZUTO, J. E. The formation of Holocene marsh foraminiferal assemblages, middle Atlantic coast, U.S.A.: implications for Holocene sea-level change. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 30, p. 272-293, 2000.

- HORTON, B. P.; EDWARDS, R. J.; LLOYD, J. M. A foraminiferal-based transfer function: implications for sea-level studies. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 29, p. 117-129, 1999.
- IGARASHI, A.; NUMANAMI, H.; TSUCHIYA, Y.; FUKUCHI, M. Bathymetric distribution of fossil foraminifera within marine sediment cores from the eastern part of Lützow-Holm Bay, east Antarctica, and its paleoceanographic implications. *Marine Micropaleontology*. v. 42, p. 125-162, 2001.
- IMBRIE, J.; KIPP, N. G. 1971. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology. Application to a Late Pleistocene glacial core. In: TUREKIAN, K. *The Late Cenozoic Glacial ages*. New Haven, Connecticut, Yale University Press, 1971. p. 71-181.
- IMBRIE, J.; HAYS, J. D.; MARTINSON, D. G.; McINTYRE, A.; MIX, A. C.; MORLEY, J. J.; PISIAS, N. G.; PRELL, W. L.; SHACKLETON, N. J. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}O$  record. In: BERGER, A.; IMBRIE, B.; HAYS, J.; KUKLA, G.; SALTZMAN, B. *Milankovitch and climate, Part I*. Dordrecht, D. Reidel, 1984. p. 269-305.
- JENNINGS, A. E.; NELSON, A. R. Foraminiferal assemblages zones in Oregon tidal marshes - relation to marsh floral zones and sea-level. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 22, p. 13-29, 1992.
- JENNINGS, A. E.; NELSON, A. R.; SCOTT, D. B.; ARAVENA, J. C. 1995. Marsh foraminiferal assemblages in the Valdivia estuary, south-central Chile, relative to vascular plants and sea level. *Journal of Coastal Research* 11(1):107-123.
- JONASSON, K. E.; PATTERSON, T. R. Preservation potential of salt marsh foraminifera from the Fraser River delta, British Columbia. *Micropaleontology*. v. 38, p. 289-301, 1992.
- KALIA, P.; CHOWDHURY, S. The coiling direction in ceratobuliminid foraminifera as climatic index - a proposition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*. v. 41, p. 165-170, 1983.
- KONTROVITZ, M.; SNYDER, S. Reliability of microfossil assemblages as paleoenvironmental indicators. *Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies*. v. XXXI, p. 323-324, 1981.
- KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. P. A. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. *Projeto REMAC, 8*. CENPES, Rio de Janeiro, 35 p, 1979.
- LAIDER, R. B.; SCOTT, D. B. Foraminifera and Arcellacea from Portes Lake, Nova Scotia: modern distribution and paleodistribution. *Canadian Journal of Earth Sciences*. v. 33, p. 1410-1427, 1996.
- LANGER, M. Origin of foraminifera: conflicting molecular and paleontological data? *Marine Micropaleontology*, v. 38, p. 1-5, 1999.
- LEA, D. Trace elements in foraminiferal calcite. In: SEN GUPTA, B.K. *Modern Foraminifera*. Amsterdam, Kluwer Academic Publisher, 1999. p. 259-277.
- LEA, D.; BOYLE, E. A. Barium content of benthic foraminifera controlled by bottom water composition. *Nature*. v. 338, p. 751-753.
- LEA, D.; MARTIN, P. A.; CHAN, D. A.; SPERO, H. J. Calcium uptake and calcification rate in the planktonic foraminifer *Orbulina universa*. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 25, p. 14-23, 1995.
- LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. Protista. In: MOORE, R. C. *Treatise on invertebrate paleontology, Part C*. New York, The University Kansas Press, 1964. v1, 510 p., v2, 390 p.
- MACKENSEN, A.; BICKERT, T. 1999. Stable carbon isotope in benthic foraminifera proxies for

- deep and bottom water circulation and new production. In: FISCHER, G. WEFER, G. *Use of Proxies Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, 1999. p.229-254.
- MADEIRA-FALCETTA, M.; THIESEN, Z. V.; BERTELS, A.; KOTZIAN, S. Foraminíferos e radiolários de testemunhos da plataforma continental e talude do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Florianópolis, 1980 a. Anais. Santa Catarina, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 5, p.3090-3100.
- MADEIRA-FALCETTA, M.; THIESEN, Z. V.; BERTELS, A.; GODOLPHIM, M. F. Interpretação de dois testemunhos de sondagem (PDS - 3 E ALB) na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, Porto Alegre. v. 13, p. 91-107, 1980b.
- MADEIRA, C. V.; CARVALHO, M. G. P. Foraminíferos bentônicos da Lagoa de Araruama (RJ) uma abordagem ecológica. In: Congresso da ABEQUA, 3, Belo Horizonte, 1992. Resumos. Belo Horizonte, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário: 122.
- MAHIQUES, M. M. *Variações temporais na sedimentação holocênica dos embaiamentos da região de Ubatuba (SP)*. 1992. 2v. Tese (Doutorado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MARTIN, R. E. Taphonomy and temporal resolution of foraminiferal assemblages. In: SEN GUPTA, B. K. *Modern foraminifera*. Dordrecht, Kluwer Academic Press, 1999. p. 281-298.
- MASLIN, M.; MIKKELSEN, N., VILELA, C.; HAQ, B. Sea-level and gas hydrate controlled catastrophic sediment failures of Amazon Fan. *Geology*. v. 26, p. 1107-1110, 1998.
- Mc CARTHY, F.; COLLINS, E.; McANDREWS, J. H. A comparison of postglacial Arcellacean (“Thecamoebian”) and pollen succession in Atlantic Canada, illustrating the potential of Arcellaceans for paleoclimatic reconstructions. *Journal of Paleontology*, v. 69, p. 980-993, 1995.
- MEDIOLI, F. S.; E SCOTT, D. B. Lacustrine thecamoebians (mainly arcellaceans) as potential tools for paleolimnological interpretations. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleocology*. v. 62, p. 361-86, 1988.
- MEDIOLI, F. S.; SCOTT, D. B. & COLLINS, E. S.; McCARTHY, F. M. G. Fossil thecamoebians: present status and prospects for the future. In: HEMLEBEN, C.; KAMINSKI, M. A.; KUHN, W.; SCOTT, D. B. *Palaeoecology, biostratigraphy, Paleoceanography and taxonomy of agglutinated foraminifera*. 1990 a. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. p.813-814.
- MEDIOLI, F. S.; SCOTT, D. B.; COLLINS, E. S.; WALL, J. H. 1990 b. Thecamoebians from the early Cretaceous deposits of Ruby Creek, Alberta (Canada). In: HEMLEBEN, C.; KAMINSKI, M. A.; KUHN, W.; SCOTT, D. B. *Palaeoecology, biostratigraphy, Paleoceanography and taxonomy of agglutinated foraminifera*. 1990 a. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. p. 793-812.
- MELO, M. S. A formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese. 1992. 1990. 1v. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MULITZA, S.; DÜRKOOP, A.; HALE, W.; WEFER, G.; NIEBLER, H. S. Planktonic foraminifera as recorders of past surface-water stratification. *Geology*. v. 25, p. 335-338, 1997.
- MULITZA, S.; WOLFF, T.; PÄTZOLD, J.; HALE, W.; WEFER, G. Temperature sensitivity of planktonic foraminifera and its influence on the oxygen isotope record. *Marine Micropaleontology*. v. 33, p. 223-240, 1988.

- MULITZA, S.; ARZ, H.; KEMLE-VON MÜCKE, S.; MOOS, C.; NIEBLER, H.-S.; PÄTZOLD, J.; & SEGL, M. (1999) The South Atlantic carbon isotope record of planktic foraminifera. In: FISCHER, G; WEFER, G. (eds). *Use of Proxies Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, 1999. p. 427-445.
- NIGAN, R. Dimorphic forms of recent foraminifera: an additional tool in paleoclimatic studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*. v. 53, p. 239-244, 1986.
- NIGAN, R.; RAO, A. S. Proloculus size variation in recent benthic foraminifera: implications for paleoclimatic studies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v. 24, p. 649-655, 1987.
- PASSOS, R. F. Mudanças ambientais ocorridas entre Abrolhos (BA) e Cabo Frio (RJ) ao longo do Holoceno, e sua resposta nas associações de foraminíferos. 2000. 1v. Dissertação (Mestrado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PATTERSON, R. T. Intertidal benthic foraminiferal biofacies succession in late Quaternary Fraser River delta, British Columbia. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 21, p.228-244, 1990.
- PATTERSON, R. T; MACKINNON, K. D.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Arcellaceans ("thecamoebians") in small lakes of New Brunswick and Nova Scotia: modern distribution and Holocene stratigraphic changes. *Journal of Foraminiferal Research*. v. 15, p. 114-137, 1985.
- PETRI, S.; SUGUIO, K. Some aspects of the Neozoic sedimentation in the Cananeia-Iguape lagoonal region, São Paulo, Brazil. *Estudos Sedimentológicos*. v. 1, p. 25-33, 1971.
- PETRI, S.; SUGUIO, K. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo State, Brazil. Part II - Heavy minerals studies, microorganisms inventories and stratigraphical interpretations. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*. v. 4, p.71-85, 1973.
- PETRI, S.; VIEIRA, E. M. Métodos de estudos paleoecológicos e as assembléias cenozóicas de foraminíferos de Caravelas, Bahia. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*. v. 6, p 109-127, 1974.
- PHLEGER, F. B.; SOUTAR, A. Production of benthic foraminifera in three east Pacific oxygen minima. *Micropaleontology*. v. 19, p. 110-115, 1973.
- PORTER, S. M.; KNOLL, A. H. Testate amoebae in the Neoproterozoic Era: evidence from vase-shaped microfossil in the Chuar Group, grand Canyon. *Paleobiology*. v. 26, p. 360-385, 2000.
- PROJETO REMAC, 1977 volume 1 e 1979 volume 5. CENPES, Rio de Janeiro.
- RODRIGUES, M. A. C.; CARVALHO-PIRES, M. G. Curvas paleoclimáticas com base em foraminíferos de testemunhos da Plataforma Sul Brasileira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 52, p. 617-625, 1981a.
- RODRIGUES, M. A. C.; CARVALHO-PIRES, M. G. Interpretação paleoecológica da planície do Rio São João, RJ, com base em foraminíferos. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 52, p.763-771, 1980b.
- ROHLING, E. J.; COOKE, S. Stable oxygen and carbon isotopes in foraminiferal carbonate shells. In: SEN GUPTA, B.K. *Modern Foraminifera*. Amsterdam, Kluwer Academic Publisher, 1999, p. 239-258.
- ROSSI de GARCIA, E. Contribución al conocimiento de los ostracodos de la Argentina. 1. Formacion entre Rios, de Victoria Provincia de Entre Rios. *Ameghiniana*. v. 21, p.194-208, 1966.
- RÜHLEMANN, C.; MULITZA, S.; MÜLLER, P. M.; WEFER, G; ZAHN, R. Warming of the tropical Atlantic Ocean and slowdown of thermoha-

- line circulation during the last deglaciation. *Nature*. v. 402, p. 511-514, 1999.
- RÜHLEMANN, C.; DIEKMANN, B.; MULITZA, S.; FRANK, M. Late Quaternary changes of western equatorial Atlantic surface circulation and Amazon lowland climate recorded in Ceará Rise deep sea sediments. *Paleoceanography*. v. 16, p. 293-305, 2001.
- SANGUINETTI, Y. T. Miocene ostracodes of the Pelotas basin, State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Pesquisas*. v. 12, 119-187, 1979.
- SANGUINETTI, Y. T.; ORNELLAS, L. P.; COIMBRA, J. C. Post-miocene ostracodes from the Pelotas basin, southern Brazil. Taxonomy – Part I. *Pesquisas*. v. 18, p.138-155, 1991.
- SANGUINETTI, Y. T.; ORNELLAS, L. P.; COIMBRA, J. C.; RAMOS, M. I. F. Post-miocene ostracodes from the Pelotas basin, southern Brazil. Taxonomy – Part II. *Pesquisas*. v. 19, p. 155-166, 1992.
- SCHMIDT, G. A.; MULITZA, S. Global calibration of ecological models for planktic foraminifera from core-top carbonate oxygen-18. *Marine Micropaleontology*. v. 44, p.125-140, 2002.
- SCHNITKER, D. Western Atlantic abyssal circulation during the past 12,000 years. *Nature*. v. 248, p. 385-387, 1974.
- SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Vertical zonations of marsh foraminifera as accurate indicators of former sea levels. *Nature*. v. 272, p. 528-531, 1978.
- SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: implication for sea-level studies. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research: Special publication*. v. 17, 1980.
- SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Foraminifera as sea-level indicators. In: VAN DE PLASSCHE, O. *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Amsterdam., Free University, Geological Books Norwich, 1986. p.435-455.
- SCOTT, D. K.; LECKIE, M. R. Foraminiferal zonation of Great Sippewissett salt marsh (Falmouth, Massachusetts). *Journal of Foraminiferal Research*. v. 20, p. 212-245, 1990.
- SHACKLETON, N. J.; OPDYKE, N. D. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volume on a 10<sup>5</sup> year and 10<sup>6</sup> year scale. *Quaternary Research*. v. 3, p. 39-55, 1973.
- SUGUIO, K.; PETRI, K. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo, Brazil. Part I: Field observations and grain size analysis. *Boletim do Instituto de Geociências Universidade de São Paulo*. v. 4, p.1-20, 1973.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense, In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, special publication, The Brazilian Working Group for the IGCP, Project 61. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo/Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, 55 p.
- SUGUIO, K. Annotated bibliography on Quaternary shorelines and sea-level changes produced with Dr. Louis Martin's (ORSTOM) participation in the decade 1975-1985. In: International symposium on sea level changes and quaternary shorelines. Special publication: ABEQUA, 1986. 51p.
- SUNDARAM, D.; SUGUIO, K. Nota sobre uma assembléia mioflorística da Formação Pariquêra-Açu, Estado de São Paulo. In: Coletânea de trabalhos paleontológicos. Série Geologia (Seção Paleontologia e Estratigrafia). v. 27, p. 503-506, 1985.
- THOMAS, E.; VAREKAMP, J. C. 1991. Paleoenvironmental analysis of marsh sequences (Clifton, Connecticut). *Journal of Coastal Research: Special issue*. v. 11, p. 125-158, 1991.
- VICALVI, M. A. Sedimentos quaternários da plataforma continental e talude do sul do Brasil:

- estratigrafia e curvas paleoclimáticas. PROJETO REMAC 2 - Evolução Sedimentar Holocênica da Plataforma Continental e do Talude do Sul do Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, CENPES, DINTEP: 27-76, 1977.
- VICALVI, M. A.; COSTA, M. P. A.; KOWSMANN, R. O. Depressão de Abrolhos: uma paleolaguna holocênica na plataforma continental leste brasileira. *Boletim Técnico PETROBRÁS*. v. 21, p.279-286, 1978.
- VICALVI, M. A.; KOTZIAN, S. B.; FORTI-ESTEVEZ, I. R. Ocorrência da microfauna estuarina no Quaternário da plataforma continental de São Paulo. PROJETO REMAC 2 - Evolução Sedimentar Holocênica da Plataforma Continental e do Talude do Sul do Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, CENPES, DINTEP: 77-96, 1977.
- VICALVI, M. A.; PALMA, J. J. C. Bioestratigrafia e taxas de acumulação dos sedimentos quaternários do talude e sopé continental entre a foz do Rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE). *Boletim técnico da PETROBRÁS*, v. 23, p. 3-11, 1980.
- VIANA, C. F.; GAMA JR., E. G.; SIMÕES, I. A.; MOURA, J. A.; FONSECA J. R.; ALVES, R. J. 1971. Revisão estratigráfica da bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, v. 14, p.157-192, 1971.
- VILELA, C. G. 1994. Contribuição ao conhecimento da ecologia de foraminíferos bentônicos na Foz do Rio Amazonas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro. v. 66, p. 37-44, 1994.
- VILELA, C. G. Ecology Of Quaternary Benthic Foraminiferal Assemblages On The Amazon Shelf, Northern Brazil. *Geo-Marine Letters*. v. 15, p.199 – 203, 1995.
- VILELA, C. G. Benthic Foraminifera of Mass-Transport Deposits (MTDs) in The Amazon Fan. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 70, p.173 – 185, 1998.
- VILELA, C. G., MASLIN, M. Benthic and planktonic foraminifers, and stable isotopic analysis of mass-flow sediments in the Amazon Fan. *Scientific Results, Ocean Drilling Program.*: College Station, Texas. v. 155, p.335 – 351, 1997.
- VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*. v. 8, p. 1-45, 1995.
- WEFER, G.; BERGER, W. H.; BIJMA, J.; FISCHER, G. Clues to Ocean History: A Brief Overview of Proxies. In: FISCHER, G.; WEFER, G. (eds). *Use of Proxies Paleooceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, 1999. p. 1-68.
- WEFER, G.; BERGER, W. H.; BICKERT, T.; DONNER, B.; FISCHER, G.; KEMLE-VON MÜCKE, S.; MEINECKE, G.; MÜLLER, P. J.; MULITZA, S.; NIEBLER, H. S.; PÄTZOLD, J.; SCHMIDT, H.; SCHNEIDER, R. R.; SEGL, M. Late Quaternary Surface Circulation of the South Atlantic: The Stable Isotope Record and Implications for Heat Transport and Productivity. In: WEFER, G, BERGER, W. H., SIEDLER, G.; WEBB, D. J. *The South Atlantic - Present and Past Circulation*. Springer-Verlag, 1996. p. 461-502.
- WHATLEY, R. C. Population structure of ostracods: some general principles for the recognition of palaeoenvironments. In: DE DECKKER, P.; COLIN, J. P.; PEYPOUQUET, J. P. *Ostracoda in the Earth Sciences*. Elsevier, 1988. p. 245-256.
- WILLIAMS, H. F. L. Foraminiferal zonation on the Fraser River delta and their application to paleoenvironmental interpretations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. v. 73, p. 39-50, 1989.
- WILLIAMS, H. F. L. Interdital benthic foraminiferal biofacies on the central Gulf Coast of Texas: modern distribution and application to sea level reconstruction. *Micropaleontology*. v. 40, p. 169-183, 1994.



- WOLFF, T.; MULITZA, S.; RÜHLEMANN, C.;  
WEFER, G. Response of the tropical Atlantic thermocline to late Quaternary trade wind changes. *Paleoceanography*. v. 14, p. 374-383, 1999.
- WRIGHTMAN, W. G.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Agglutinated foraminifera and thecamoebians from the Late Carboniferous Sydney coalfield, Nova Scotia: paleoecology, paleoenvironments and paleogeographical implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*. v. 106, p. 187-202, 1994.