

DIATOMÁCEAS COMO INDICADORAS DE MUDANÇAS AMBIENTAIS NA BAÍA DE IGUAPE – BAIXO PARAGUAÇU – (BAHIA, BRASIL)

Doriedson Ferreira Gomes¹; Arno Brichta²; Eduardo Mendes da Silva³; Luciano Felício Fernandes⁴.

¹ Msc. em Geologia-Sedimentologia, Dept. de Geologia,
Universidade Federal da Bahia, Ondina/Salvador, BA

Phone: +55 21 2717-4189. e-mail: doriedsonfg@yahoo.com.br

² Dr. em Geologia, Área de Sedimentologia do Programa de Pós-graduação em Geologia, UFBA

³ Dr. em Limnologia, Área de Ecologia do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Biomonitoramento, UFBA

⁴ Dr. em Botânica, UFPR

RESUMO

As diatomáceas têm sido extensivamente utilizadas como marcadores de alterações em vários parâmetros ambientais, tanto em estudos do recente, quanto em estudos de ambientes passados. Assim, tentou-se estabelecer as mudanças ambientais ocorridas na bacia de captação da Baía de Iguape a partir do perfil sedimentar das diatomáceas em três testemunhos curtos P3 (200 cm), P4 (285cm) e P5 (200). Uma avaliação qualitativa destas diatomáceas fósseis sugere que entre 280 e 77 cm (ca. 900 a 250 anos A.P.), a BI recebeu uma forte influência de águas marinhas, como foi indicado pela presença de *Thalassiosira nanolineata* (Mann) Fryxell & Hasle, quando o nível relativo do mar esteve 70cm acima do presente. Um aumento da porcentagem da espécie *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, na profundidade de 4,8 cm em P4, foi interpretado como sendo valvas originárias da Represa de Pedra do Cavalo, onde as águas oligo-salinas e lênticas prevalecem. Assim, *A. granulata* é um bom indicador do fechamento da RPC e pode vir a ser um bom indicador em toda a BI.

ABSTRACT

Diatoms have been extensively used as markers of various environmental parameters, both of present day and past environments. We tried to establish what environmental changes have occurred in the Bay of Iguape in this way, from diatomaceous profiles in three short sediment cores (2 to 3 metres length). Qualitative evaluation of the fossil diatoms suggests that between the ages of about 900 and 250 years B.P., which correspond to depths of 280 and 77cm., the Bay of Iguape received strong influence of marine water, while sea level was around 70cm above present. This is indicated by the presence of *Thalassiosira nanolineata* (Mann) Fryxell & Hasle. An increase, in one of the cores, in the percentage of the species *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, at a depth of 4.8cm., was interpreted as being from the Pedra do Cavalo reservoir, where oligo-saline and lentic waters prevail. Thus, *A. granulata* may be a good indicator for the whole of the Iguape Bay.

Palavras-Chave: diatomáceas, Baía de Iguape.

1. INTRODUÇÃO

A Baía de Iguape, elemento do estuário do Rio Paraguaçu e objeto deste estudo, é o destino final das águas drenadas da bacia de captação deste rio, e por isso está sujeita a receber todas as agressões infligidas contra o Rio Paraguaçu e sua bacia.

A degradação ambiental na região do Baixo Paraguaçu remonta à época do início da colonização no Brasil. Nos primeiros anos de Brasil, os municípios localizados na região da bacia do Paraguaçu baseavam as suas economias no complexo canavieiro-açucareiro; seguiram-se os ciclos do fumo e do gado, no Século XVIII. A partir de 1840 teve início o ciclo do diamante, com o estabelecimento de 12.000 garimpeiros nos municípios de Igatu, Andaraí e Lençóis (Brasil, 1993). Finalmente, a exploração diamantífera findou-se com o fechamento das dragas nos rios da região, na década de 80. Nos dias de hoje, sobressaem-se os cultivos de cana de açúcar, laranja e mandioca nos tabuleiros e a cultura fumageira nos vales (Brasil, 1993).

Os principais problemas que afetam a região do Baixo Paraguaçu são aqueles gerados pelas emissões líquidas das indústrias situadas no Centro Industrial de Subaé (Feira de Santana), que drenam para o Paraguaçu - através do

Rio Jacuípe - ainda à montante da Barragem de Pedra do Cavalo, a utilização de substâncias bioativas (fertilizantes e biocidas) nas atividades agrícolas, o desbaste da cobertura vegetal original de Mata Atlântica para o cultivo de produtos agrícolas - ocasionando alterações nos processos erosivos - e a própria construção da Barragem de Pedra do Cavalo, que conduziu a alterações no estuário, no que se refere a uma diminuição do volume e uma regularização da vazão do Rio Paraguaçu, além da carga orgânica dos efluentes domésticos das cidades de Cachoeira, São Félix e Maragogipe (Brasil, 1993). Por ser uma região de transporte de cargas, não raro ocorrem acidentes, como no dia quinze de maio de 2000, quando ocorreu um derramamento de soda cáustica nas águas do rio, tendo como consequência uma grande mortandade de peixes, impossibilitando os pescadores de obter o sustento das suas famílias durante algumas semanas.

Assim, este estudo tem por objetivo utilizar o estudo do perfil sedimentar das diatomáceas como um marcador para as mudanças ambientais na bacia de captação da Baía de Iguape.

2. AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO

Os sedimentos analisados nos estratos do testemunho

P4 indicam que os mesmos foram depositados em um ambiente essencialmente estuarino-marinho, como atesta o estudo quali-quantitativo das espécies de diatomáceas agrupadas de acordo com a tolerância à salinidade (Figura 1). Da base do testemunho P4 até a sua seção mediana, entre as profundidades de 174 cm e 48 cm, os sedimentos foram depositados num ambiente onde a coluna d'água era mais profunda, enquanto no topo, entre 36 cm e 00 cm, os sedimentos foram depositados num ambiente mais raso. Isto evidencia um ambiente que no passado era mais profundo e foi se tornando mais raso, em direção às épocas mais recentes.

Os maiores valores da razão planctônicos:bentônicos e polihalóbios:mesohalóbios no testemunho P4 deve-se à espécie *Thalassiosira nanolineata*. Esta espécie é típica de ambientes marinhos, habitando a coluna d'água de águas oceânicas costeiras, entre a borda externa da Plataforma Continental e o limite de maré baixa (Moreira-Filho *et al.*, 1985).

O nível médio do mar na costa brasileira sofreu várias oscilações durante o Holoceno. Nos últimos 2100 anos antes do presente até o momento atual, o nível médio relativo do mar (NMRM) regrediu de 1,5 m ($\pm 0,5$ m) até o nível atual. A variação da curva do nível médio do mar para Salvador apresenta uma taxa média anual de abaixamento de 0,7 mm para os últimos 2100 anos, antes do presente. Considerando esta taxa, há 900 anos AP, base do testemunho P4, o NMRM na Baía de Iguape esteve 0,71 metro acima do que ele é hoje e vem declinando desde então (Martin *et al.*, 1999). Portanto, é de supor que a BI apresentasse condições mais marinhas no passado. Esta condição pode ser responsável pela presença das valvas de *T. nanolineata*.

Embora existam várias evidências das variações no NMRM na costa brasileira, existem fenômenos locais que podem se contrapor. Carvalho (2000) registra a influência de controles tectônicos dentro desta baía provocando a subsidência da mesma. O rebaixamento da bacia do sistema poderia contrapor-se ao abaixamento do nível médio relativo do mar provocando uma situação de estabilidade das condições dentro da Baía de Iguape. No entanto, o mesmo autor relata que o processo de subsidência parece ocorrer de maneira intermitente o que provocaria períodos de estabilidade e de mudanças.

Carvalho (comunicação pessoal) comenta que a fisiografia da borda leste do mangue de Iguape, local de coleta do testemunho P4, apresenta formas arredondadas, o que seria indicativo da progradação do mesmo. Imaginando o avanço do mangue em direção ao canal central da Baía de Iguape, os depósitos da base do testemunho teriam se dado num ambiente onde a coluna d'água era maior, favorecendo a presença de *T. nanolineata*.

Assim, associando um cenário de mar mais alto do que o atual com um limite de borda de mangue mais recuado é possível divisar um ambiente que inicialmente era mais profundo e foi tornando-se mais raso em direção aos períodos mais recentes, favorecendo a deposição de espécies planctônicas, como é o caso de *T. nanolineata*, em detrimento das espécies bentônicas, como ficou evidenciado da base do testemunho até a sua seção média pela razão planctônicas:bentônicas.

No topo do testemunho P4, o grupo oligohalóbio foi representado por uma única espécie, *A. granulata*, a qual é relacionada por Moro e Fürstenberger (1998) como uma espécie típica de ambientes oligohalóbios, lenticos e eutrofizados. Sendo assim, as valvas encontradas nos sedimentos da Baía de Iguape foram transportadas a partir de corpos aquáticos presentes na bacia de captação do Rio Paraguaçu e que possuem as características descritas acima.

Na profundidade de 3cm no testemunho P4, equivalente a 4,83cm descontando-se a compactação, as valvas de *Aulacoseira granulata* aumentam a sua contribuição para as algas presentes nos sedimentos (figura 2). Considerando-se uma taxa média de sedimentação de 3mm/ano (Carvalho, 2000), o sedimento depositado no estrato de 4,83 cm possui uma idade equivalente a 16 anos. O fechamento da barragem de Pedra do Cavalo e enchimento do reservatório se deu por volta do ano de 1985. Desta forma, o aparecimento da espécie *Aulacoseira granulata* está associado ao fechamento da barragem e formação do reservatório, o que propiciou um ambiente ideal para o desenvolvimento de espécies planctônicas oligohalóbias, como é o caso da espécie *A. granulata*. Portanto, *A. granulata* serve como um marco estratigráfico de uma situação na gênese do reservatório de Pedra do Cavalo, no testemunho P4, e pode vir a servir como um marco estratigráfico em outros pontos da baía. Aparentemente, o registro do fechamento da barragem de Bananeiras não ficou marcado nos testemunhos coletados nesta baía, possivelmente devido ao pequeno volume do reservatório da referida barragem.

O Rio Paraguaçu ao longo do seu médio curso apresenta dois barramentos, nomeadamente, a Barragem de Bananeiras, mais antiga, e que foi inundada com a construção da barragem de Pedra do Cavalo, segunda maior barragem do Brasil. Antes da construção da barragem de Pedra do Cavalo, a salinidade na área em estudo era de 25 a 30% (Wolgemuth, 1981); mesmo nesta época, o Rio Paraguaçu já era contido pela Barragem de Bananeiras, alterando, numa escala menor, o fluxo do rio. Hoje, após a regularização do caudal do Rio Paraguaçu, a salinidade medida por Mestrinho (1998) foi de 26-35%, enquanto o CRA (1999) registrou salinidades de 33,46-34,65%. As mudanças de salinidade mais recentes devido ao barramento do rio e, provavelmente, menos pronunciadas não foram registradas pela comunidade de diatomáceas, devido à características eurihalina das espécies encontradas no testemunho P4. Estas espécies podem sobreviver em concentrações variáveis de sal, freqüentemente abrangendo duas ou mais categorias (Moro & Fürstenberger, 1998), como é o caso de estuários.

Não há dados que subsidiem uma interpretação para a ausência de diatomáceas na profundidade de 84cm, no testemunho da margem leste.

3. HIDRODINÂMICA E DENSIDADE VALVAR

A predominância das frações areia média a grossa (base) e areia média (topo) e cascalho arenoso (base) e lama arenosa (topo), bem como a presença de uma camada de conchas de moluscos fraturadas devido, provavelmente ao transporte, nos testemunhos P3 e P5, respectivamente, juntamente com a presença de valvas de diatomáceas bastante fraturadas indicam que estes ambientes deposicio-

nais possuem uma energia hidrodinâmica de moderada a alta, representada pelas correntes e o vai-e-vem das marés. O ambiente de sedimentação representado pelo testemunho P4 caracteriza-se como um ambiente de deposição com energia hidrodinâmica baixa, caracterizada pela presença de lama e pequenos fragmentos vegetais, bem como pela boa preservação das valvas das diatomáceas.

Na margem oeste e no fundo do canal de maré, as correntes de maré e as marolas, seriam, provavelmente, responsáveis pela resuspensão e indução de choques mecânicos entre as partículas de areia e cascalho e as valvas das diatomáceas, conduzindo, desta forma, à fragmentação das mesmas e facilitando a dissolução devido à maior área exposta aos agentes químicos. Na margem leste, representada pelo testemunho P4, os fenômenos de resuspensão de sedimentos e choques mecânicos seriam menos frequentes e de menor intensidade. Como o material de tamanho areia é composto de lama e fibras vegetais, os choques mecânicos não devem provocar danos físicos à estrutura das diatomáceas como os danos provocados pelo material siliciclástico de tamanho areia. Desta forma, as valvas devem chegar inteiras aos sedimentos, portanto com menor área exposta à dissolução química, favorecendo a preservação das mesmas.

Falhas na deposição das diatomáceas tem sido observada em vários ambientes, por exemplo, em lagoas costeiras (Ireland, 1987), em mangues (Pereira, 1998), e em lagos (Moro, 1998). A fragmentação das valvas das diatomáceas tem sido usada como um critério para evidenciar transporte por grandes distâncias (Heyworth & colaboradores, citados por Vos & De Wolf 1993) e exposição e abrasão em zonas de intermarés - quando fraturadas - ou a presença de plantas vasculares, as quais retêm os sedimentos finos, inibindo a abrasão ou soterramento rápido - quando bem preservadas- (Hemphill-Haley, 1995). Apesar desta abordagem ser sedutora, ela não é totalmente satisfatória, pois outros processos, naturais e artificiais, afetam o grau de fragmentação das valvas. A dissolução química natural, a diagênese e a compactação (Beyens & Denys, 1982); o tratamento da amostra (Beyens & Denys, 1982; Flower, 1993) e a predação podem danificar as valvas de diatomáceas. Além disso, a fragmentação das valvas não indica necessariamente um transporte de regiões distantes do sistema, pois em ambientes influenciados por correntes de maré, o vai-e-vem das partículas provoca colisões das valvas com as partículas de areia, o que pode levar à fragmentação das mesmas.

O fraturamento das valvas deve-se, certamente, nas amostras deste estudo, à exposição em um ambiente de intermarés e de canal de maré. Os danos causados pelo tratamento dado à amostra foram minimizados através do uso de sedimentos úmidos, coletados diretamente dos testemunhos, suprimindo-se a secagem dos mesmos, processo responsável pelo fraturamento das valvas (Flower, 1993). A possibilidade de transporte também é eliminada, já que os locais onde os testemunhos foram coletados são ambientes de deposição de sedimentos finos, como registram as análises da granulometria dos mesmos.

Neste estudo, a presença das valvas da espécie *Aulacoseira granulata*, tipicamente de águas oligohalóbias e

lênticas, indica que as mesmas são alóctones ao sistema estuarino em estudo. Certamente, estas valvas foram transportadas a partir do reservatório da represa de Pedra do Cavalo, há aproximadamente 30-40 quilômetros, nos sedimentos de 06 a 00cm. As valvas presentes nas outras profundidades foram, provavelmente, trazidas de locais distantes da bacia de captação e depositadas no estuário. Contudo, as valvas não apresentam sinais de desgaste, preservando inclusive um espinho fino e longo, característico da espécie. Por outro lado, valvas robustas de gêneros como *Surirella fastuosa* e *S. febigerii* e *Cyclotella stylorum*, tipicamente estuarinas, apresentam sinais de desgaste das valvas.

Assim, percebe-se que utilizar unicamente o estado de preservação das valvas de diatomáceas para inferir-se dados sobre o transporte a longas distâncias não se mostra satisfatório, pois as valvas de algumas algas robustas, como a espécie *A. granulata*, não sofreram fraturas, mantendo inclusive as estruturas mais delicadas, mesmo após terem sido transportadas a longas distâncias, depositadas e, posteriormente, retrabalhadas nos sedimentos do estuário, enquanto as valvas robustas de espécies tipicamente estuarinas apresentaram sinais de desgaste valvar.

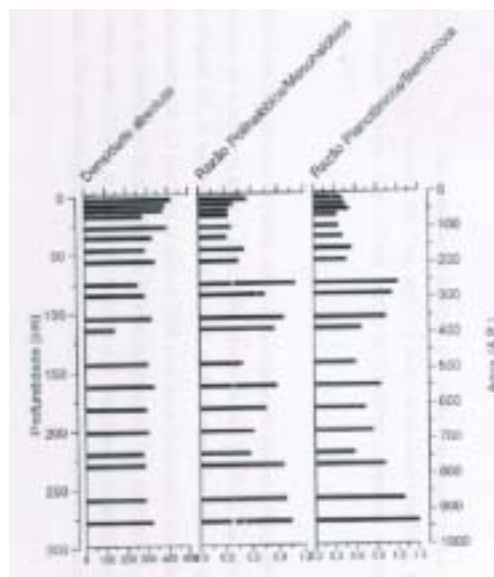


Figura 1. Diagrama do testemunho P4, coletado na Baía de Iguape, representando a razão entre os grupos polihalóbios/mesohalóbios e planctônicos/bentônicos.

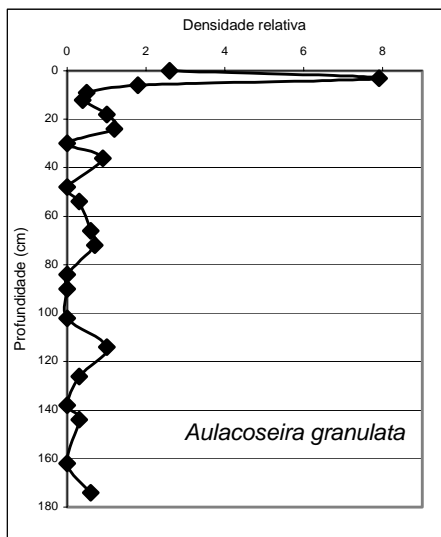


Figura 2. Perfil estratigráfico da espécie *A. granulata* na Baía de Iguape.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Beyens, L., Denys, L. 1982. Problems in diatom analysis of deposits: allochthonous valves and fragmentation. *Geologie en Mijnbouw*. 61: 159-162.
- Brasil. 1993. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diagnóstico geoambiental e sócio-econômico da bacia do Rio Paraguaçu - BA. Rio de Janeiro. 124p.
- Carvalho, J. B. de. 2000. Caracterização morfoestratigráfica do preenchimento sedimentar da Baía de Iguape, Bahia - influência das variações eustáticas do nível do mar e atividades tectônicas recentes. Inst. de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Dissertação de Mestrado, 124p.
- Flower, R. J. 1993. Diatom preservation: experiments and observations on dissolutions and breakage in modern and fossil material. *Hydrobiologia*, 269/270:473-484.
- Hemphill-Haley, E. 1995. Diatom evidence for earthquake-induced subsidence and tsunami 300 yr ago in southern coastal Washington. *Geological Society of America Bulletin*, 107:367-378.
- Ireland, S. 1987. The Holocene sedimentary history of the coastal lagoons of Rio de Janeiro state, Brazil. In: I. Shennan, & Tooley, M. J. ed. *Sea-level changes*. Oxford, Basil Blackwell, 25-66.
- Martin, L., Dominguez, J. M. L. e Bittencourt, C. S. P. 1999. Holocene sea-level history along Eastern-southeastern Brazil: Additional supporting evidence of high-frequency sea-level oscillations. *Journal of Coastal Research*. (submetido).
- Mestrinho, S. S. P. 1998. Estudo do comportamento geoquímico dos metais pesados nos sedimentos da região estuarina do Rio Paraguaçu - Ba. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 158 p.

Moreira-Filho, H., Valente-Moreira, I. M., Souza-Mosimann, R. M. de. 1985. Catálogo das diatomáceas marinhas e estuarinas do Estado de Santa Catarina, Brasil. *Insula*, Florianópolis, 15: 33-86.

Moro, R. S. 1998. Interpretações paleoecológicas do Quaternário através da análise de diatomáceas (Bacillariophyta) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Tese de Doutorado, 141p.

Moro, R. S. & Fürstenberger, C. B. 1998. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ponta Grossa, UEPG, 282p.

Pereira, S. D. 1998. Influência da variação do nível do mar no manguezal de Guaratiba - Baía de Sepetiba - R.J. Inst. de Geociências, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio e Janeiro. Tese de Doutorado, 123p.

Vos, P. C. & De Wolf, H. 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia*. 269/270:285-296.

Wolgemuth, K. M. et. al. 1981. Oceanography and suspended material in Todos os Santos Bay. *Revista Brasileira de Geociências*. 11:172-178.