



Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ
Anthropogenic Pollution Evaluation Using Patterns of Distribution of Foraminiferal Species from Cores of Guanabara Bay, RJ

Brígida Orioli Figueira¹; Claudia Gutterres Vilela¹ & José Antônio Baptista Neto²

¹Departamento de Geologia, IGEO/CCMN, Cidade Universitária, UFRJ, Avenida Brigadeiro Trompowski S/N, 21949-900, Rio de Janeiro, RJ;

² Departamento de Geologia, LAGEMAR/UFF, Niterói, RJ
E-mail: brigida@ufrj.br; claudiagvilela@ufrj.br; jneto@igeo.uff.br
Recebido em: 30/03/2007 Aprovado em: 27/07/2007

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo dos foraminíferos bentônicos recuperados de três testemunhos coletados próximo à Ilha de Paquetá, na baía de Guanabara, Rio de Janeiro, na região sudeste brasileira. Os testemunhos possuem diferentes tamanhos e foram sub-amostrados em intervalos centimétricos. As assembléias de foraminíferos bentônicos recuperados foram completamente identificadas, de maneira a se realizar um estudo ecológico, reconstruindo a evolução ambiental da área estudada durante o período histórico recente e avaliando a resposta local das assembléias de foraminíferos para a ocorrência de impacto natural e/ou antropogênico. Os resultados da distribuição da microfauna foram correlacionados com os dados sedimentológicos e de Carbono Orgânico Total, para se entender os padrões ambientais e avaliar as várias fontes de poluição antropogênica. Uma datação de ¹⁴C foi feita na base de um dos testemunhos, correlacionando-se com os valores das taxas de sedimentação local. Os índices de diversidade foram baixos em todas as amostras, enquanto os valores de COT aumentaram drasticamente em direção ao topo dos testemunhos. As espécies dominantes nesta área da Baía de Guanabara foram *Ammonia tepida*, *Elphidium spp.* e *Buliminella elegantissima*. O padrão de distribuição das espécies confirma a influência da poluição antrópica em direção ao topo dos testemunhos.

Palavras chave: Foraminíferos; baía de Guanabara; Poluição; Testemunhos; Ilha de Paquetá

Abstract

This work presents a study of benthic foraminifera recovered from three cores collected near the Paquetá island, in the Guanabara bay, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. The cores have different sizes and were subsampled in centimetric intervals. The recovered benthic foraminiferal assemblages were thoroughly identified, in order to carry out an ecological study towards reconstructing the environmental evolution of the studied area during the recent historical period and assessing the response of the foraminiferal assemblages to the locally occurring natural and/or anthropogenic impacts. The microfaunal distribution results were correlated with the sedimentological and TOC (Total Organic Carbon) data to understand the environmental trends and evaluate the varying patterns of human-related pollution in the area. ¹⁴C isotopic date was taken at the bottom of one core, to help for the local sediment accumulation rates. Species diversity values were low in all samples, whereas the TOC values were commonly high, increasing dramatically upwards across the cores. The dominant species in that area of the Guanabara bay were *Ammonia tepida*, *Elphidium spp.* and *Buliminella elegantissima*. Patterns of the distributions of these species confirm the influence of the anthropogenic pollution toward the top of the cores.

Keywords: Foraminiferids; Guanabara Bay; pollution; cores; Paquetá Island

1 Introdução

A baía de Guanabara, localizada no litoral do estado do Rio de Janeiro e cercada pelas cidades do Rio de Janeiro, Niterói, Duque de Caxias entre outros municípios e vilas, é a baía costeira mais proeminente do Brasil e atualmente é foco de preocupação devido ao alto grau de degradação de suas águas e entorno (Amador, 1997; Kjerfve *et al.*, 1997).

Por ser um ambiente que favorece a habitação humana devido aos recursos naturais, desde o Descobrimento no século XVI a baía de Guanabara vem sendo colonizada e sofrendo com o impacto ambiental causado pelo homem. A partir do início do século XIX, com o crescimento urbano, populacional e industrial, diversos processos de degradação ambiental, tais como a destruição dos ecossistemas periféricos à baía, os aterros de seu espelho d'água, o uso descontrolado do solo e seus efeitos adversos como o assoreamento, inundações e deslizamentos de terra, foram sensivelmente aumentados, o que contribuiu para os atuais níveis de poluição encontrados neste ecossistema (FEEMA, 2004).

Tecas de foraminíferos bentônicos encontradas comumente em sedimentos de baías e outros ambientes costeiros são bastante utilizados em estudos de diagnóstico ambiental e monitoramento de poluição antrópica em todo o mundo (Alve & Murray, 1995; Brönnimann *et al.*, 1981; Buzas-Stephens *et al.*, 2003; Debenay, 1990; Rodrigues *et al.*, 2003; Scott *et al.*, 2005; Sen Gupta *et al.*, 1996; Silva, 2003). Os foraminíferos são protoctistas (Filo Granuloreticulosa, Classe Foraminifera) portadores de uma carapaça rígida que fica preservada no sedimento após a sua morte e que permitem, através de seu pequeno ciclo reprodutivo e sua alta sensibilidade a mudanças ambientais, a caracterização ambiental relacionada à influência antrópica em análises de baías e outros ambientes costeiros (Sen Gupta, 1999; Alve, 1995).

Neste trabalho foram recuperados os foraminíferos de três testemunhos próximos à ilha de Paquetá para a análise da variação dos níveis de poluição ao longo dos últimos séculos. Índices ecológicos e análise de Carbono Orgânico Total (COT) foram integrados aos resultados da microfauna para a melhor interpretação dos eventos ocorridos.

2 Métodos

Foram analisados três testemunhos (T8, T10 e T11), coletados pelo método de percussão, utilizando-se tubos de PVC com o auxílio de mergulhadores, em novembro de 2001, próximo à APA de Guapimirim (Baptista Neto, 2006) (Figura 1; Tabela 1). As subamostras foram retiradas da seguinte maneira: de 2 em 2 cm nos 10 cm superficiais, de 5 em 5 cm de 10 à 50 cm e de 10 em 10 cm no restante do testemunho.

Testemunho	Latitude(S)	Longitude(W)	Prof. da Lâmina d'água (m)	Prof. no sedimento (cm)
T8	22° 44, 47'	43° 06, 76'	7	242
T10	22°44,493'	43°07,632'	5	222
T11	22°45,108'	43°09,272'	5	283

Tabela 1 Coordenadas, profundidade da lâmina d'água e comprimento dos testemunhos.

O tratamento das amostras seguiu o padrão para microfósseis calcários, e consistiu na lavagem em peneiras de 0,062 e 0,50 mm, secagem em temperatura ambiente e utilização do líquido denso tungstato de sódio (Na_2WO_4) para flotagem das carapaças. O resíduo seco foi triado a lupa binocular procurando-se obter 100 indivíduos, sendo que, quando necessário, as amostras foram quarteadas (Murray, 1973).

Os índices ecológicos utilizados foram diversidade de Shannon-Wiener, dominância (> 10%) e abundância. A diversidade é um índice biologicamente usado como indicador da maturidade da comunidade, visto que quanto maior a diversidade mais madura ela é. Em ecologia, pode ser usado em interpretações de ambientes variados nas regiões costeiras, tais como plataformas, lagunas e estuários. O índice de diversidade de Shannon-Wiener avalia o número de espécies e a distribuição individual entre elas, dando a estimativa da diversidade específica para cada amostra. Utiliza-se a seguinte fórmula (Sen Gupta & Kilbourne, 1974):

$H(S) = -\sum p_i \ln p_i$, onde S: número de espécies, e p_i : proporção das espécies nas amostras.

A dominância é um índice que mostra a tendência de qualquer espécie a formar grande parte de uma assembléia, contrapondo-se à diversidade. No presente trabalho uma espécie foi considerada

Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de
Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ
Brígida Orioli Figueira; Claudia Gutterres Vilela & José Antônio Baptista Neto

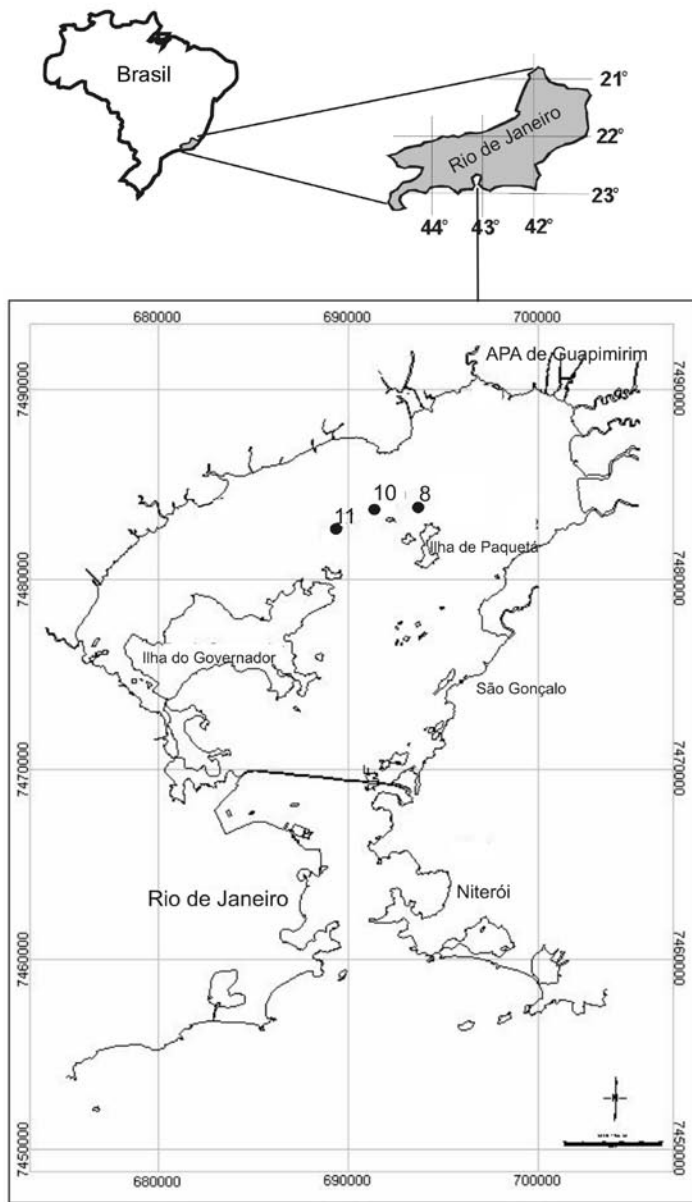


Figura 1 Mapa de localização da área de estudo e pontos de coleta.

dominante quando o valor total de seus indivíduos ultrapassou 10% do total de indivíduos da amostra (Boltovskoy & Totah, 1985).

A abundância absoluta e a abundância relativa são dois métodos utilizados para quantificar assembléias. A primeira é aquela em que é contado o número total de indivíduos, relacionado a um volume ou peso determinado de amostra, e a segunda consiste na proporção de cada espécie em relação ao total de espécimes (Murray, 1973).

O Carbono Orgânico Total (COT) é um dado geoquímico que exprime a quantidade de matéria

orgânica encontrada em cada amostra, indicando condições de baixa oxigenação, ambientes restritos ou confinados e ambientes sujeitos a poluição por esgotos domésticos ou por hidrocarbonetos.

Para as análises ecológicas utilizou-se o programa Statistica 6.0, realizando-se o agrupamento das amostras utilizadas (modo Q) através da formação de um dendrograma, em que os grupos são reunidos segundo a maior similaridade entre eles (Valentin, 2000). Nestas análises foram selecionados os atributos Complete Linkage e Distância Euclidiana.

**Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de
Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ**
Brígida Orioli Figueira; Claudia Gutterres Vilela & José Antônio Baptista Neto

Foram realizadas fotomicrografias em microscópio eletrônico de varredura da marca Zeiss EV040, para auxiliar na classificação das espécies e interpretação dos dados.

3 Resultados

Valores de COT, abundância absoluta das espécies mais abundantes e diversidade de Shannon-Wiener podem ser observados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Prof. (cm)	<i>Ammonia parkinsoniana</i>	<i>Ammonia sp. indet.</i>	<i>Ammonia tepida</i>	<i>Bolivina lowmani</i>	<i>Bolivina sp. indet.</i>	<i>Bulimina marginata</i>	<i>Bulimina sp. indet.</i>	<i>Buliminella elegantissima</i>	<i>Elphidium discoidale</i>	<i>Elphidium gunteri</i>	<i>Elphidium sp. indet.</i>	<i>Pseudononion atlanticum</i>	<i>Pseudononion cuevenensis</i>	<i>Pseudononion grateloupi</i>	<i>Pseudononion sp. indet.</i>	<i>Textularia earlandi</i>	Quebrados	Não identificados	COT (%)	Diversidade de Shannon-Wiener
2	56	32	320	8	40	8	8	40	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	5,38	1,48
4	24	0	256	48	16	8	0	136	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	4,93	1,82
8	0	0	640	80	112	48	0	512	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	4,28	1,5
12	48	0	688	80	0	112	0	96	0	0	0	0	0	0	0	128	32	0	5,41	1,63
17	0	0	672	16	0	32	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,08	0,94
22	0	0	11	1	0	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	5,05	1,81
27	2	0	17	4	1	4	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,45	1,31
32	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	4,4	1,16
37	1	0	3	1	1	1	2	57	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	3,88	1,1
42	6	0	10	2	0	12	2	196	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	3,58	1,06
47	6	0	4	0	0	1	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,88	0,49
52	1	0	6	0	0	0	5	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,24	1,15
62	0	0	128	32	0	32	0	2656	0	32	96	0	0	0	0	0	0	0	3,48	0,55
72	0	0	0	16	32	48	0	1232	16	0	32	0	0	0	0	0	0	0	3,02	0,55
82	0	0	0	8	8	8	0	388	8	0	4	0	0	0	0	8	0	0	2,44	0,71
92	0	0	192	0	0	64	0	4128	96	0	224	0	32	32	0	0	0	0	2,53	0,67
102	0	320	640	128	64	0	0	4992	0	448	320	64	0	0	256	0	0	0	2,58	1,19
110	192	192	256	16	0	0	0	768	0	0	64	0	48	0	0	0	0	0	1,37	1,5
120	128	0	64	0	0	24	0	920	40	0	56	16	32	0	80	0	0	0	2,72	1,24
130	0	0	18	1	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	2,55	1,41
140	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	2,1	0,87
150	0	0	24	24	16	0	0	436	0	8	20	0	0	0	0	0	0	0	2,16	0,77
160	12	0	80	0	20	8	0	196	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,27	1,48
170	0	0	112	0	0	16	8	208	0	0	112	0	0	0	8	8	0	0	2,15	1,52
180	0	0	176	32	16	0	0	1328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,16	1,13
190	0	8	4	0	2	0	0	15	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	2,18	1,73
200	512	256	1664	0	128	0	0	9088	0	0	0	0	0	128	512	0	0	0	2	0,93
210	128	0	384	384	0	0	0	5952	0	0	0	0	0	0	0	0	192	0	2,05	0,93
222	0	0	0	0	0	0	32	400	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	1,63	0,71
232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	0
239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,02	0

Tabela 1 Valores absolutos das espécies mais abundantes do testemunho T8, valores de COT e diversidade.

**Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de
Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ**
Brígida Orioli Figueira; Claudia Gutterres Vilela & José Antônio Baptista Neto

Prof. (cm)	<i>Ammonia parkinsoniana</i>	<i>Ammonia sp. Indet</i>	<i>Ammonia tepida</i>	<i>Bolivina lowmani</i>	<i>Bolivina sp. Indet</i>	<i>Bulimina marginata</i>	<i>Buliminella elegantissima</i>	<i>Elphidium discoidale</i>	<i>Elphidium excavatum</i>	<i>Elphidium sp. indet</i>	<i>Textularia earlandi</i>	<i>Trochammina advena</i>	<i>Trochammina inflata</i>	Quebrados	Não identificados	COT (%)	Diversidade de Shannon-Wiener
2	7	0	26	0	0	5	18	0	0	0	50	7	0	0	0	1,66	6,24
4	10	0	42	0	5	1	41	0	0	0	29	7	0	0	0	1,79	6,36
6	16	0	48	0	2	10	48	0	0	0	42	0	0	0	0	1,81	5,79
10	48	0	136	0	16	0	104	0	0	0	96	48	152	0	0	2	5,74
12	32	0	64	32	0	0	488	16	88	8	0	0	0	5	0	1,42	5,6
15	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	3	1	1,79	5,39
20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	1,24	5,33
25	14	0	0	0	0	0	4	0	0	0	11	0	0	2	1	1,88	5,64
30	7	0	24	0	0	1	12	0	0	0	4	4	0	6	0	1,86	5,26
35	6	0	44	4	0	6	24	0	0	0	80	10	0	8	0	1,82	5,29
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0,64	4,96
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	1,08	5,37
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,69	4,85
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	3	1,07	4,45
80	0	72	0	0	0	0	568	0	0	8	96	0	0	0	0	1,14	3,5
90	64	0	384	0	128	320	4992	192	0	0	64	256	0	0	0	1,17	2,7
100	0	72	0	88	0	40	1576	0	0	72	0	0	0	0	0	0,9	2,29
110	160	0	256	128	0	32	1920	0	6	0	32	0	0	0	0	1,08	2,31
120	48	0	224	96	0	16	960	16	112	64	0	0	0	2	0	1,41	2,41
130	80	0	48	176	0	80	464	64	32	0	0	0	0	0	0	2,01	2,26
140	0	0	128	640	0	128	3392	0	254	508	0	0	0	4	0	1,66	1,65
150	0	0	0	288	0	128	3360	0	128	0	0	0	0	8	0	0,78	1,95
160	672	0	480	96	32	0	1664	96	256	0	0	0	0	0	1	1,65	2
170	288	0	342	96	0	0	1952	0	342	0	0	0	0	2	0	1,24	2,02
180	0	0	48	48	0	0	872	24	48	0	0	0	0	8	0	0,78	1,83
190	140	0	164	0	0	0	40	16	84	120	0	0	0	0	0	1,7	1,87
200	96	0	374	0	32	0	0	64	160	0	0	0	0	0	0	1,83	1,63
210	12	0	28	24	0	0	276	0	0	0	0	0	0	0	0	1,15	1,43

Tabela 2 Valores absolutos das espécies mais abundantes do testemunho T10, valores de COT e diversidade.

**Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de
Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ**
Brígida Orioli Figueira; Claudia Gutterres Vilela & José Antônio Baptista Neto

Prof. (cm)	<i>Ammonia parkinsoniana</i>	<i>Ammonia sp. indet.</i>	<i>Ammonia tepida</i>	<i>Bolivina brizalina</i>	<i>Bolivina lowmani</i>	<i>Bolivina spp.</i>	<i>Bolivina sp. indet.</i>	<i>Bullimina costata</i>	<i>Bullimina marginata</i>	<i>Bulliminella elegantissima</i>	<i>Cibicides excavatum</i>	<i>Elphidium discoidale</i>	<i>Elphidium sp. indet.</i>	<i>Elphidium spp.</i>	<i>Nonionella optima</i>	<i>Pseudonion cuevanensis</i>	<i>Uvigerina canariensis</i>	Quebrados	Não identificados	COT (%)	Diversidade de Shannon-Wiener
0	0	0	23	0	3	0	0	1	1	10	0	0	0	3	0	0	0	10	0	5,60	1,49
2	0	0	10	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5,60	1,30
4	0	17	0	0	0	0	1	0	0	7	0	0	3	0	1	0	0	10	0	5,60	1,75
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5,60	0,00
8	0	2	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	5,31	1,40
10	16	0	94	0	2	10	0	0	2	18	0	4	0	0	0	0	0	46	0	4,84	1,49
15	2	2	13	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	12	0	4,10	1,69
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3,92	0,69
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,87	0,00
30	10	20	22	0	0	0	4	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,77	1,88
35	8	120	160	0	24	0	40	0	32	560	0	24	40	0	0	0	0	0	0	2,68	1,79
40	0	8	36	0	4	0	4	0	12	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,63	1,38
45	32	352	224	0	96	0	32	0	32	2944	0	0	32	0	0	0	0	64	0	2,39	1,29
50	0	112	144	16	32	0	16	0	128	1088	0	0	32	0	0	32	0	144	0	2,67	1,38
60	0	96	768	0	64	0	0	0	128	2944	0	128	0	0	32	0	96	640	0	2,57	1,56
70	0	448	832	0	256	0	0	0	64	4160	0	576	0	0	0	192	0	320	0	2,35	1,52
80	0	0	3456	0	0	0	0	256	256	7296	512	0	1024	0	512	512	0	256	896	2,53	1,81
90	0	896	2304	0	128	0	0	0	0	5632	0	0	1792	0	0	256	128	2560	0	2,24	1,62
100	0	0	1536	0	192	0	64	320	384	2816	0	0	128	0	64	64	0	128	0	1,96	1,79
110	192	64	1024	0	448	0	64	256	320	1920	0	320	0	0	0	192	0	512	0	1,70	2,13
120	0	0	240	0	16	0	48	16	32	800	0	0	48	0	0	0	0	240	0	1,79	1,54
130	128	0	384	0	192	768	0	256	256	4224	0	0	0	256	64	448	0	320	0	1,48	1,67
140	0	0	128	0	1664	0	0	384	128	8320	0	384	768	0	128	0	768	896	0	1,53	1,44
150	0	64	0	0	16	128	0	0	16	1744	0	32	0	0	32	32	0	192	0	1,48	0,96
160	256	192	0	0	128	0	256	64	64	3520	0	0	256	0	192	256	64	0	0	1,38	1,64
170	768	512	512	0	192	0	0	192	0	4544	0	0	448	0	64	128	64	64	0	1,59	1,52
180	96	0	96	0	96	0	0	128	0	2080	0	96	0	0	192	0	32	96	0	1,86	1,34
190	256	32	256	0	0	0	64	32	64	2912	0	0	0	0	96	32	0	96	0	1,60	1,08
200	128	0	768	0	192	0	0	64	64	5248	128	0	128	0	0	0	64	448	0	1,42	1,08
210	192	224	256	0	32	0	32	96	0	2208	0	0	64	0	32	0	64	96	0	1,39	1,35
220	96	48	496	0	48	0	0	16	0	784	0	80	16	0	16	0	0	16	0	1,41	1,50
230	32	0	672	0	32	0	0	0	32	1568	0	0	320	0	0	0	0	0	0	1,01	1,13
240	256	320	256	0	128	0	128	256	0	4864	320	0	64	0	0	64	0	320	256	0,84	1,49
250	128	256	1408	0	0	0	0	1024	0	8320	0	0	256	0	256	0	128	0	768	0,96	1,51
260	128	32	96	0	64	0	0	352	96	1696	128	0	0	0	64	32	0	192	32	0,67	1,83
270	16	0	96	0	80	0	48	240	16	1472	48	0	0	0	0	0	48	48	272	0,81	1,48
280	32	0	64	0	64	0	0	384	0	1504	128	0	96	0	32	0	0	224	0	0,33	1,56

Tabela 3 Valores absolutos das espécies mais abundantes do testemunho T11, valores de COT e diversidade.

3.1 Sedimentologia e Carbono Orgânico Total

Todos os testemunhos apresentam em geral sedimentos de tamanho silte e argila, com raros intervalos onde há a presença de biodetritos. Próximo à base do testemunho T8, ocorre uma discordância representada por um contato brusco da argila com uma camada endurecida e oxidada, apresentando sedimentos mais grossos de coloração cinza claro mosqueado com marrom ferrugem (Baptista Neto, 2006).

Nos três testemunhos os valores de COT encontrados foram mais baixos próximo a base, aumentando em direção ao topo. No testemunho T8, os valores variaram entre 0,9 e 5,6%, no testemunho T10 entre 1% e 6,3% e no testemunho T11 entre 0,3% a 5,6%.

3.3 Foraminíferos Bentônicos e Análises Ecológicas

Quase todas as amostras foram relativamente abundantes, com exceção de poucas amostras distribuídas ao longo dos testemunhos. A variação da abundância relativa das espécies pode ser observada nas Figuras 2, 3 e 4.

As principais espécies dominantes nos três testemunhos foram *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana*, *Buliminella elegantissima* e *Textularia earlandi*

Segundo os dados obtidos com o índice Shannon-Wiener, a diversidade ao longo dos testemunhos foi baixa, variando entre 0 e 2.

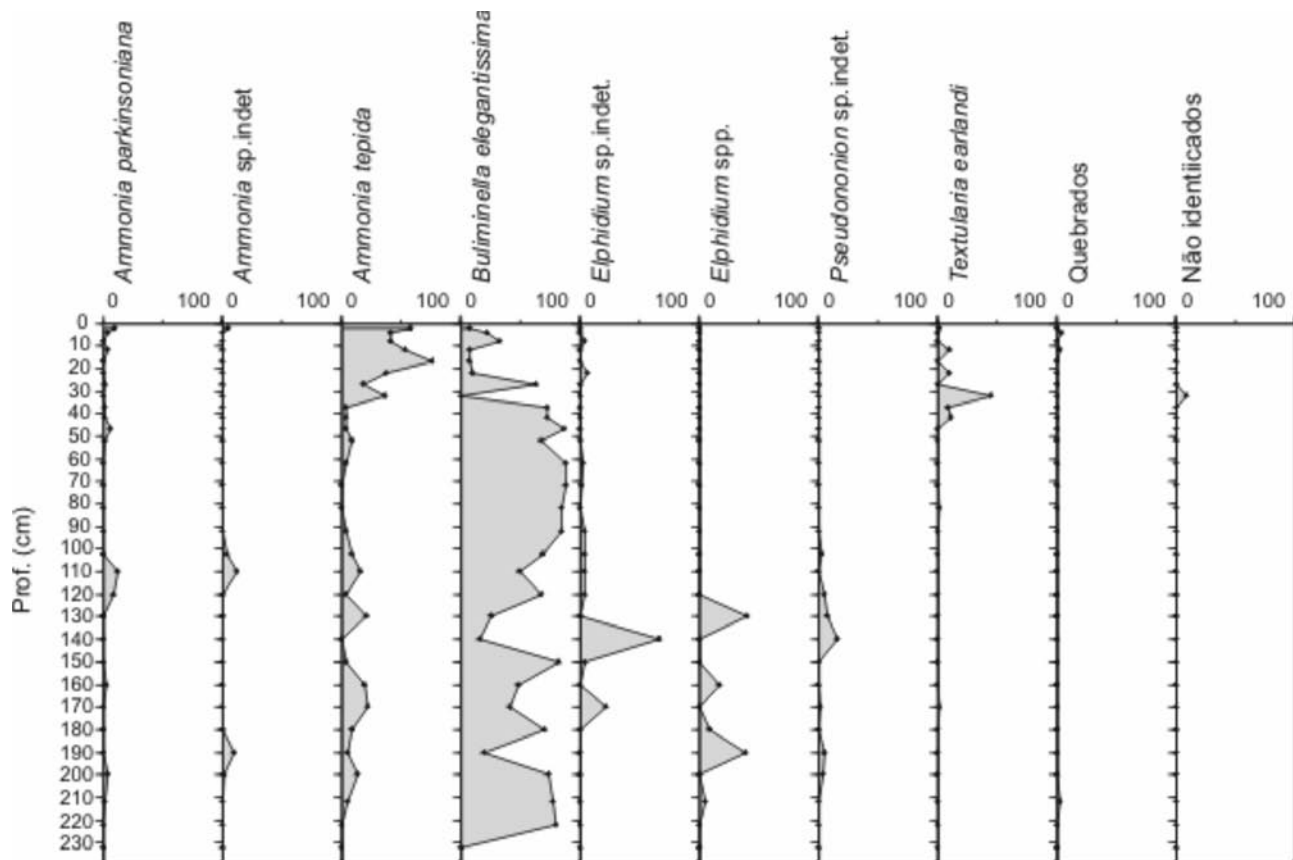


Figura 2 Variação da abundância relativa das espécies dominantes do testemunho T8.

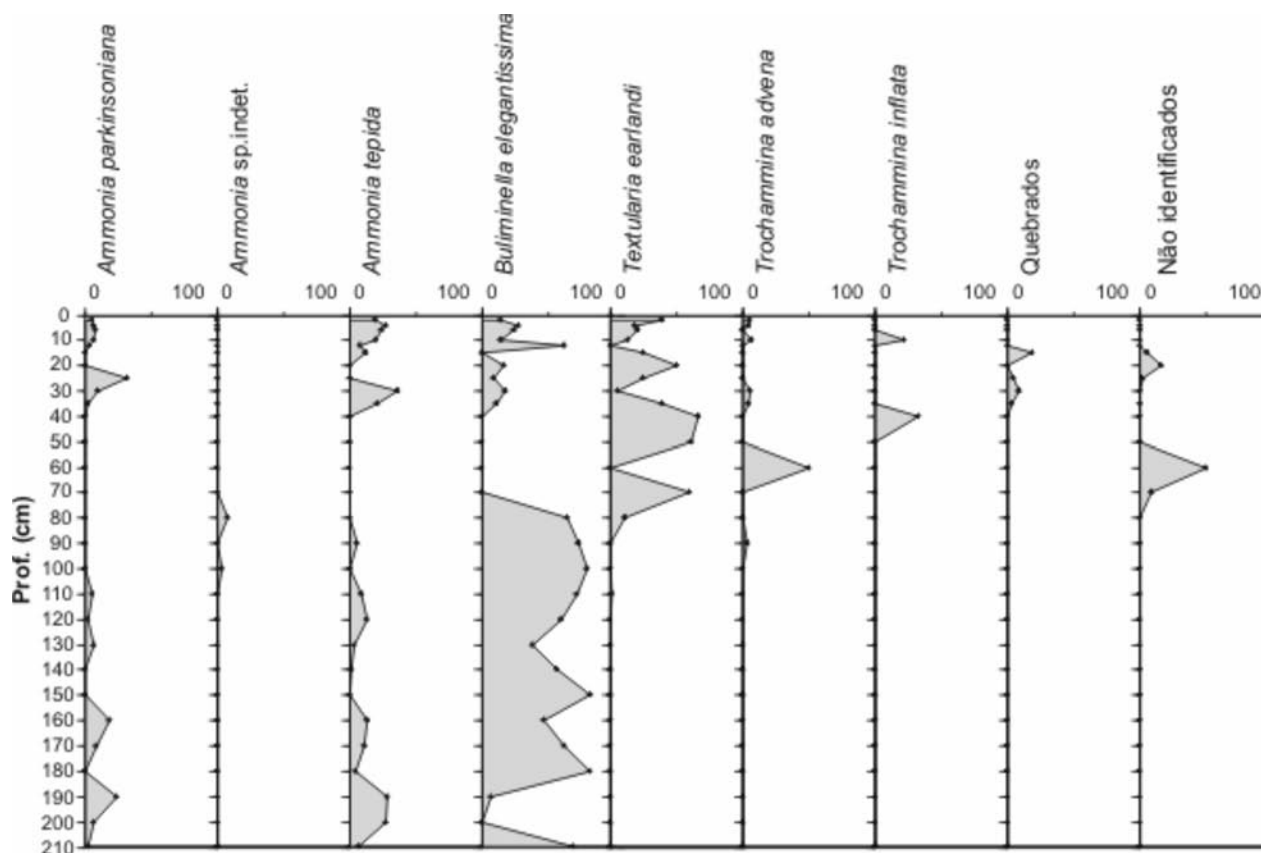


Figura 3 Variação da abundância relativa das espécies dominantes do testemunho T10.

Na análise de agrupamento no modo-Q do testemunho T8 foram formados quatro grupos (Figura 8). O grupo 1 é aquele em que há uma maior abundância das espécies de *Ammonia*, principalmente *A. tepida*; o grupo 2 representa os intervalos onde há uma maior abundância de *Buliminella elegantissima*. Os grupos 3 e 4 não apresentaram um resultado significativo.

No testemunho T10 foram formados quatro grupos (Figura 9). O grupo 1 é aquele em que há uma maior abundância das espécies de *Ammonia*, principalmente *A. tepida*; o grupo 2 representa os intervalos onde há uma maior abundância de *Textularia earlandi*; e o grupo 3 mostra os intervalos onde *Buliminella elegantissima* é a espécie mais abundante. O grupo 4 não apresentou um resultado significativo.

No testemunho T11 foram formados três grupos (Figura 10). O grupo 1 representa os intervalos onde há uma maior abundância das espécies de *Ammonia*, principalmente *A. tepida*. O grupo 2 representa um momento em que apesar da abundância de *Buliminella*

elegantissima ser maior que a de *A. tepida*, a última apresenta um abundância maior que no grupo 3, onde *Buliminella elegantissima* é a mais abundante.

4 Discussão

Segundo Samir (2000), quando há pequena variação na granulometria das amostras, o sedimento não influencia nas espécies encontradas. Próximo à ilha de Paquetá, em todos os testemunhos analisados, foram observados predominantemente sedimentos finos de silte e argila, sendo assim, não se pode dizer que a variação granulométrica dos testemunhos tenha influenciado a distribuição das espécies, com exceção da base do testemunho T8. Este apresenta uma discordância na base com sedimentos mais grossos e oxidados, e presença rara de carapaças preenchidas, desgastadas e oxidadas. Nos intervalos mais rasos, apesar de alguns apresentarem areia fina como sedimento predominante, não foi observada mudança significativa na microfauna que pudesse estar associada a este fato.

Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de
 Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ
 Brígida Orioli Figueira; Claudia Gutterres Vilela & José Antônio Baptista Neto

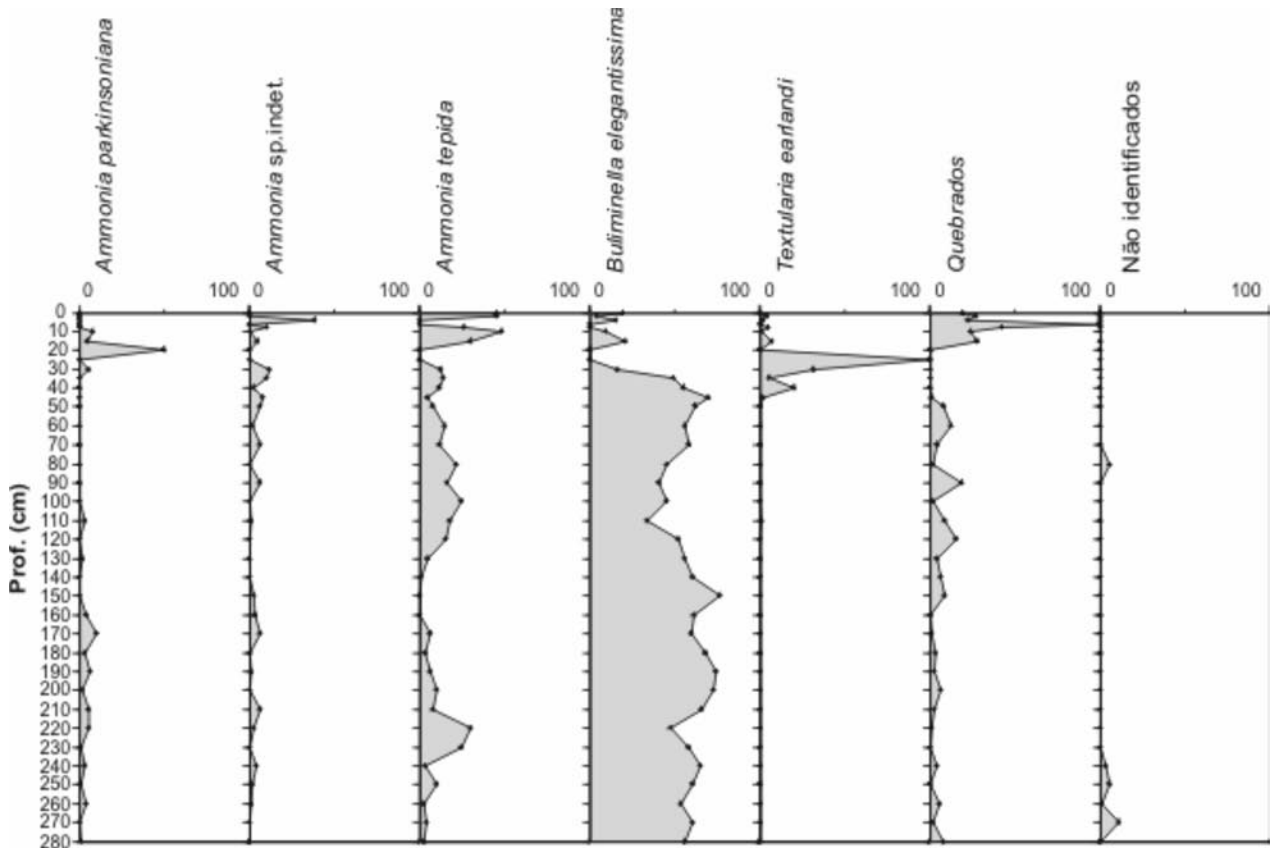


Figura 4 Variação da abundância relativa das espécies dominantes do testemunho T11.

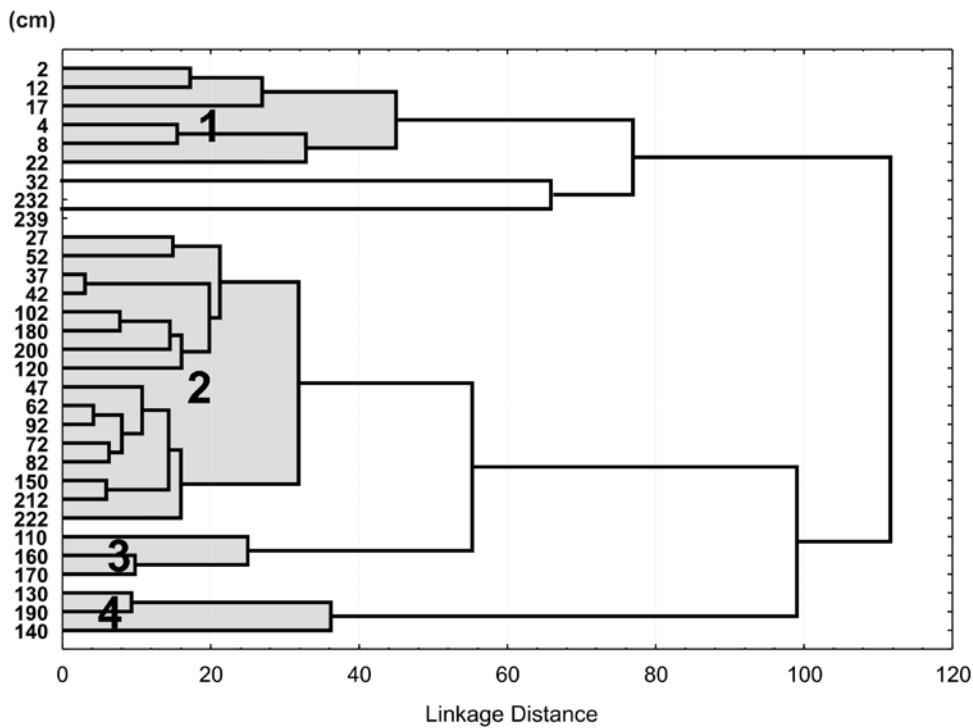


Figura 5 Dendrograma no modo-Q do testemunho T8. Identificação dos grupos de 1 a 4 em cinza e numerados.

Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de
Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ
Brígida Orioli Figueira; Claudia Gutterres Vilela & José Antônio Baptista Neto

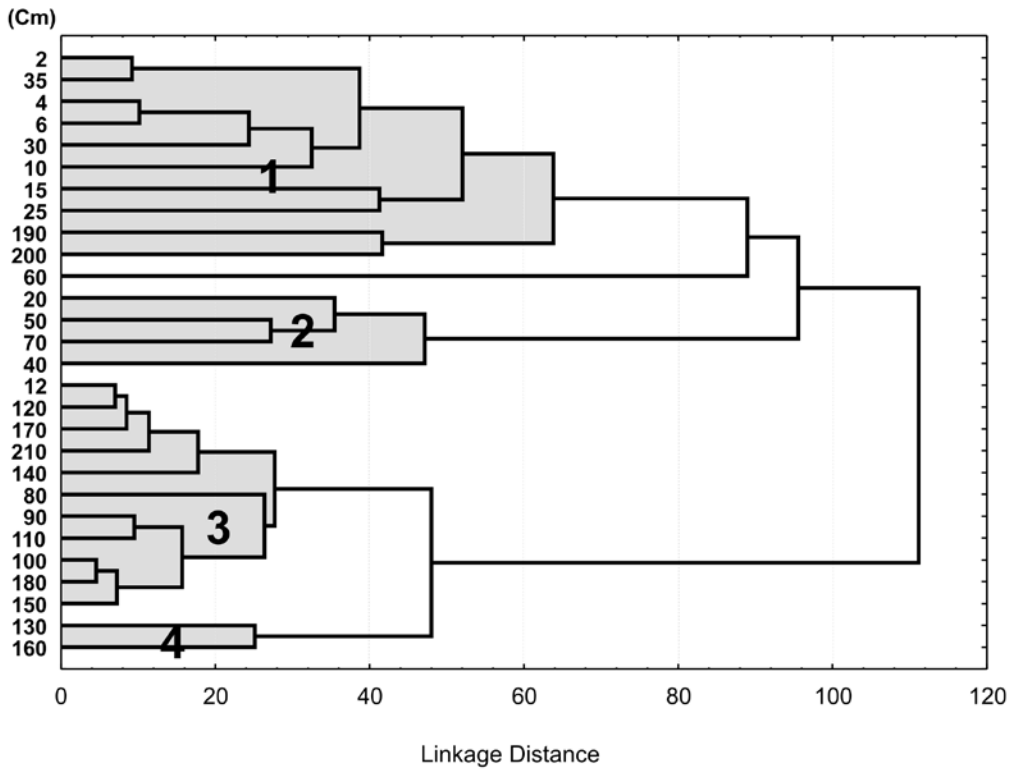


Figura 6 Dendrograma no modo-Q do testemunho T10.

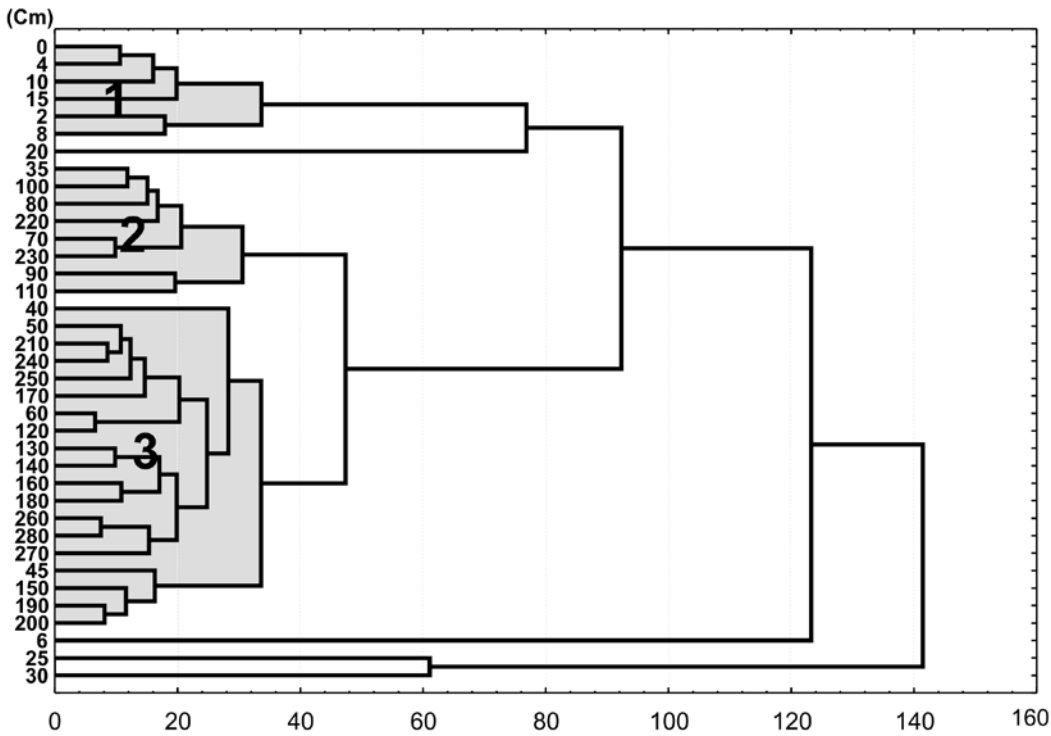


Figura 7 Dendrograma no modo-Q do testemunho T11.

Foi realizada uma correlação entre os testemunhos, incluindo resultados sedimentológicos, palinológicos e cronológicos, além de uma comparação com outros estudos. A análise dos foraminíferos mostrou que as espécies *Ammonia tepida* e *Buliminella elegantissima* foram as mais abundantes nos três testemunhos. *A. tepida* foi a espécie dominante nos primeiros 40 cm dos testemunhos e *B. elegantissima* a partir do intervalo citado até a base dos testemunhos. A comparação destas espécies com os resultados obtidos de COT demonstra que as amostras com maior quantidade de COT são aquelas em que a espécie *A. tepida* é dominante (Figueira *et al.*, 2006; Vilela *et al.*, 2006). *A. tepida* é capaz de resistir em ambientes contaminados por esgoto doméstico, metais pesados e efluentes químicos (Yanko *et al.*, 1994; Alve, 1995; Culver & Buzas, 1995; Sen Gupta *et al.*, 1996) podendo assim ser considerada uma espécie oportunista, resistindo em ambientes onde as demais espécies desaparecem (Vilela *et al.*, 2003; Vilela *et al.*, 2004). Nos testemunhos estudados ela foi mais abundante nas amostras mais rasas, isto é, quando houve um aumento nos níveis de poluição da baía, o que pode ser demonstrado através dos resultados de COT, cujos valores aumentaram drasticamente do intervalo 70 cm em direção ao topo do testemunho.

Buliminella elegantissima é citada na bibliografia (Culver & Buzas, 1995) como característica de áreas com alta taxa de matéria orgânica, seja esta proveniente de esgoto ou natural, e com baixa taxa de oxigênio dissolvido. Os resultados corroboram estes dados encontrados nos testemunhos, pois *B. elegantissima* está presente em maior quantidade nas amostras mais profundas, e estes intervalos também apresentaram altas taxas de COT (Figueira *et al.*, 2006; Vilela *et al.*, 2006).

No testemunho T8, *Ammonia tepida* é a espécie mais abundante no intervalo inicial de 40 a 0 cm. Barreto (2004) analisou os palinórfos neste mesmo testemunho, observando que neste mesmo intervalo há uma diminuição no número total de palinórfos e a presença de gêneros indicadores de áreas alteradas e sob ação antrópica (*Pinus* e *Casuarina*), reforçando a determinação da *A. tepida* como a espécie bioindicadora de poluição antrópica na Baía de Guanabara.

Nos testemunhos T10 e T11 é possível observar que *Textularia earlandi* foi encontrada como espécie dominante em algumas amostras. Nestes

mesmos intervalos observou-se um decréscimo da abundância das amostras e nos valores tanto de *Buliminella elegantissima* quanto de *Ammonia tepida*. Segundo Alve (1995), formas aglutinantes como *T. earlandi* foram dominantes em áreas contaminadas com matéria orgânica, e sua abundância é aumentada próxima a áreas onde há o despejo de esgotos, devido à diminuição da salinidade.

Algumas espécies de *Bolivina*, *Bulimina*, e *Elphidium*, encontradas nos testemunhos (Quadros 1, 2 e 3) também estão relacionadas a ambientes poluídos e sob estresse (Culver & Buzas, 1995, Sharifi *et al.*, 1991; Yanko *et al.*, 1994).

Na análise de agrupamento no modo-Q, foi possível destacar que os grupos onde há maior abundância da espécie bioindicadora de poluição antrópica, a *Ammonia tepida*, são aqueles localizados no topo do testemunho, enquanto os grupos em que *Buliminella elegantissima* é mais numerosa se encontram no meio e base dos testemunhos (Figuras 5, 6 e 7).

Para a área próxima à ilha de Paquetá, Godoy *et al.* (1998) encontraram uma taxa de sedimentação que varia de 0,12 cm/ano de 53cm a 43cm de profundidade, a até aproximadamente 1,3 cm/ano de 43 cm a 0 cm. Esta variação mostra que a taxa de sedimentação tem sofrido um aumento significativo em relação ao presente. Barth *et al.* (2004) realizaram uma datação na amostra 222 cm, da base do testemunho T8, encontrando a idade de 4.210 ± 40 anos A.P. Este dado confirma o aumento na taxa de sedimentação da baía de Guanabara em direção ao atual, como observado por Godoy *et al.* (1998). As características das carapaças, que se apresentaram preenchidas, desgastadas e oxidadas, nas amostras 232 cm e 239cm, coletadas próximas à discordância, podem ser explicadas através das oscilações no nível médio do mar que ocorreram neste período (Suguió *et al.*, 2005; Martin, 2003), uma vez que através destas oscilações as carapaças dos indivíduos que ali habitavam podem ter ficado expostas subaereamente, ou ter sofrido retrabalhamento durante o período em que o nível relativo do mar estava mais baixo que o atual. Estes dados estão de acordo com o encontrado por Barreto (2004), em que os grãos de pólen e esporos neste mesmo intervalo encontravam-se em sua maioria com exinas degradadas, corroídas e rupturadas, indicando que estes palinórfos ficaram expostos ao ar durante algum período.

5 Conclusão

Nos testemunhos analisados da baía de Guanabara, os espécimes observados são pequenos e a diversidade encontrada ao longo dos testemunhos é baixa, variando de 0 a 2. A taxa de COT varia entre 0,3% e 6,3%, sendo menor na base do testemunho e aumentando em direção ao topo. A relação entre estes dois índices mostra que este ambiente vem sofrendo muito com o impacto antrópico durante os últimos séculos.

As espécies dominantes nos testemunhos são características de ambientes poluídos. *Ammonia tepida* é considerada uma espécie oportunista, por aparecer em amostras onde há uma grande diminuição da abundância das outras espécies, aparecendo nestes testemunhos nas amostras mais superficiais, correspondentes ao período em que o homem já influenciava no ambiente. *Buliminella elegantissima*, outra espécie dominante encontrada nestes testemunhos, apesar de ser característica de ambientes com altas taxas de matéria orgânica, não pode ser considerada indicadora da ação do homem, tal como *A. tepida*.

A integração dos dados de COT com a microfauna encontrada, bem como a variação nas taxas de sedimentação e a datação realizadas no testemunho T8, mostram que a baía de Guanabara vem sofrendo com a influência antrópica e o aumento da poluição nos últimos 500 anos, agravando-se nos últimos 100 anos.

As análises de agrupamento no modo-Q confirmaram os principais resultados encontrados pela microfauna.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido através do CNPq e da Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Petrobras.

7 Referências

- Alve, E. 1995. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25 (3): 190-204.
Alve, E. & Murray, J.W. 1995. Benthic foraminiferal

distribution and abundance changes in Skagerrak surface sediments: 1937 (Höglund) and 1992/1993 data compared. *Marine Micropaleontology*, 25: 269-288.

- Amador, E.S. 1997. *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos - Homem e Natureza*. Rio de Janeiro, Reproarte Gráfica e Editora, 529 p.
Baptista-Neto, J.A. 2006. Relatório de atividades – CNPq – Referente ao processo nº 474098/20036, projeto “PROCESSOS SEDIMENTARES E IMPACTOS AMBIENTAIS RECENTES DA BAÍA DE GUANABARA”. Relatório não publicado.
Barreto, C.F. 2004. *Análise palinológica de amostras de sedimentos superficiais e de um testemunho de sondagem da baía de Guanabara, estado do Rio de Janeiro*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências/UFRJ, Dissertação de Mestrado, 108 p.
Barth, O.M.; Barreto, C.F.; Coelho, L.G. & Luz, C.F.P. 2004. Pollen record and paleoenvironmental of a 4210 years B.P. old sediment in the Gay of Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76(3): 549-551.
Boltovskoy, E. & Totah, V. 1985. Diversity, similarity and dominance in benthic foraminiferal fauna along one transect of the Argentine shelf. *Revue Micropaleontologie*, 28(1): 23-31.
Bronnimann, P.; Moura, J.A. & Dias-Brito, D. 1981. Estudos ecológicos na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Foraminíferos. In: II CONGRESSO LATINO AMERICANO PALEONTOLOGIA, Porto Alegre, 1981, *Anais*.
Buzas – Stephens, P.; Pessagno, E.A. & Bowen, C.J. 2003. Foraminiferal response to habitat disruption: Arroyo Colorado, Texas. *Journal of Foraminiferal Research*, 33(4): 294-308.
Culver, S.J. & Buzas, M.A. 1995. The effect of anthropogenic habitat disturbance, habitat destruction, and global warming on shallow marine benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3): 204-211.
Debenay, J-P. 1990. Recent foraminiferal assemblages and their distribution relative to environmental stress in the paralic environments of west Africa (Cape Tamiris to Bbrie Lagoon). *Journal of Foraminiferal Research* 20(3): 267-282.
FEEMA (Fundação Estadual do Meio Ambiente) – Programa Qualidade das Águas – Bacia da

- baía de Guanabara. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/bacia_baia_guanabara.htm> Acessado em: 25 de março de 2004 às 11 horas e 17 minutos.
- Figueira, B.O.; Cardoso, M.N.; Quadros, F.B.; Vilela, C.G. 2006. Response of benthic foraminifera assemblages to pollution variation detected in cores from Guanabara Bay, RJ, Brazil. *In: FORAMS 2006 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAMINIFERA*, Natal. *Anuário do Instituto de Geociências*, 2006, Rio de Janeiro, UFRJ, v. 29, p. 255.
- Godoy, J.M.; Moreira, I.; Bragança, M.J.; Wanderley, C. & Mendes, L.B. 1998. A study of Guanabara Bay sedimentation rates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 22(12):157-160.
- Kjerfve, b.; Ribeiro, C.H.A.; Dias, G.T.M.; Filippo, A.M. & Quaresma, V.S. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Continental Shelf Research* 17(13): 1609-1643.
- Martin, L. 2003. Holocene Sea-level history along eastern-southeastern Brazil. *In: WORKSHOP BAÍA DE GUANABARA*, Rio de Janeiro, 2002. *Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ*, Rio de Janeiro, v. 26, p.13-24.
- Murray, J.W. 1973. *Distribution and ecology of living benthic foraminiferids*. Heinemann Educational Books Limited, 280p.
- Rodrigues, R.R.; Eichler, P.P.B & Eichler, B.B. 2003. Utilização de foraminíferos no monitoramento do Canal de Bertioga (SP – Brasil). *Revista Atlântica*, 25(1): 35-51.
- Samir, A.M. 2000. The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. *Journal of Foraminiferal Research*, 30: 83-98.
- Scott, D.B.; Tobin, R.; Williamson, M.; Medioli, F.S.; Latimer, J.S.; Boothman, W.A.; Asioli, A. & Haurly, V. 2005. Pollution monitoring in two North American estuaries: historical reconstructions using benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 35(1): 65-82.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Systematics of modern foraminifera. *In: SEN GUPTA, B.K. (ed.) Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 7- 37
- Sen Gupta, B.K. & Kilbourne, R.T. 1974. Diversity Benthic Foraminifera on the Georgia Continental Shelf. *Geological Society of America Bulletin*, 85: 969-972.
- Sen Gupta, B.K.; Turner, R.E. & Rabalais, N.N. 1996. Seasonal oxygen depletion in continental-shelf waters of Louisiana: Historical record of benthic foraminifera. *Geology*, 3: 227-230.
- Sharifi, A.R.; Croudace, I.W. & Austin, R.L. 1991. Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, UK. *Journal of Micropaleontology*, 10: 109-113.
- Silva, P.O. 2003. *Biofaciologia, Relações ecológicas e paleoecológicas na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, com base na associação de foraminíferos bentônicos recentes*. Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, Faculdade de Geologia/UERJ, Dissertação de Mestrado, 136p.
- Suguio, K.; Angulo, R.J.; Carvalho, A.M.; Corrêa, I.C.S.; Tomazelli, L.J.; Willwock, J.A. & Vital, H. 2005. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. *In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (eds.) Quaternário do Brasil*. Holos ed., Ribeirão Preto, p.114-129.
- Valentin, J.L. 2000. *Ecologia numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Ed. Interciência. 117p.
- Vilela, C.G.; Sanjinés, A.E.S.; Ghiselli Jr, R.O.; Mendonça Filho, J.G.; Baptista Neto, J.A.; Barbosa, C.F. 2003. Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns. *In: WORKSHOP BAÍA DE GUANABARA*, Rio de Janeiro, 2002. *Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ*, Rio de Janeiro, v. 26, p. 25-35.
- Vilela, C.G.; Batista, D.S.; Baptista-Neto, J.A.; Crapez, M. & McAlister, J.J. 2004. Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76(1): 161-171.
- Vilela, C.G.; Figueira, B.O.; Baptista-Neto, J.A.; Barth, O.M.. 2006. An assessment of stress levels by use of A/E index in cores in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro. *In: FORAMS 2006 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAMINIFERA*, Natal. *Anuário do Instituto de Geociências*, 2006, Rio de Janeiro, UFRJ, v. 29, p. 308-309.
- Yanko, V.; Kronfeld, J. & Flexer, A. 1994. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research* 24: 1-17.