

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil

Andreia Teodoro, Wânia Duleba, Cláudia Lamparelli
Pesquisas em Geociências, 36 (1): 79-94, jan./abr., 2009.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/17876>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 2009.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil

Andreia C. TEODORO¹, Wânia DULEBA¹ & Cláudia C. LAMPARELLI²

1. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562. CEP 05508-080, São Paulo, SP. E-mail: andreia.teodoro@usp.br

2. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345. CEP 05459-900, São Paulo, SP.

Recebido em 06/2008. Aceito para publicação em 03/2009.

Versão online publicada em 19/11/2009 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - O objetivo do presente estudo foi caracterizar por meio da integração de estudos da composição textural e das associações de foraminíferos a região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, localizado no Canal de São Sebastião, município de São Sebastião, São Paulo, Brasil. A malha de amostragem, com 10 estações, foi posicionada em região circunjacente aos difusores do emissário submarino. Foram realizadas análises granulométricas, do conteúdo de matéria orgânica e das associações de foraminíferos. Os resultados das análises granulométricas e análises tafonômicas e morfométricas realizadas nas carapaças dos foraminíferos (tanatocenoses) indicam que a área de estudo é ambiente de fraco hidrodinamismo, o que possibilita a deposição de elevada concentração de matéria orgânica. As baixas riquezas, diversidades específicas e equitabilidades, observadas nas biocenoses, são indicativas de estresse ambiental, o qual pode ser associado ao enriquecimento orgânico que há na região. *Ammonia tepida* é a espécie predominante em todas as estações analisadas.

Palavras-chave: foraminíferos, análise sedimentar, Praia de Cigarras, Canal de São Sebastião.

Abstract - FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES AND TEXTURAL COMPOSITION OF AREA NEAR CIGARRAS DOMESTIC SEWAGE SUBMARINE OUTFALL, SÃO SEBASTIÃO CHANNEL, SÃO PAULO STATE, BRAZIL. The goal of this study was to integrate grain size analysis with foraminiferal assemblages to obtain a preliminary characterization of area near Cigarras domestic sewage submarine outfall, located in the São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. The sampling grid with ten superficial bottom samples was positioned surrounding submarine outfall diffusers. Analysis of grain size, organic matter contents and foraminiferal assemblages were performed. Thanacoenosis (taphonomic and morphometric analysis) and grain size revealed that study area is a low hydrodynamic environment, what permit high concentration of organic matter deposition. The low richness, specific diversity and equitability observed on biocoenosis are indicative of environmental stress, which can be associated to organic enrichment that there is in the study area. *Ammonia tepida* is the predominant specie in all stations analyzed.

Keywords: foraminifera, sedimentary analysis, Cigarras beach, São Sebastião Channel

1. Introdução

Existem diversas formas de estudo para avaliar e caracterizar as condições ambientais de regiões marinhas e estuarinas. Entretanto, a mais comumente utilizada é a integração de análises granulométricas e geoquímicas dos sedimentos

com estudo de organismos bioindicadores. Foraminíferos bentônicos estão entre os principais organismos bioindicadores por serem abundantes, possuírem curto ciclo de vida e elevada sensibilidade, o que faz com que respondam rapidamente a alterações físico-químicas no ambiente.

Muitas dessas variações ambientais podem ficar registradas na composição geoquímica e/ou isotópica de suas carapaças. Desta forma, a partir das análises da composição de suas associações e de análises tafonômicas, geoquímicas e isotópicas das carapaças é possível inferir o padrão de circulação estuarina e oceânica, identificar massas de água e compreender a dinâmica sedimentar local (Debenay *et al.*, 2001; Debenay & Guillou, 2002; Duleba & Debenay, 2003; Bonfante *et al.*, 2005; Debenay *et al.*, 2005; Arminot du Châtelet *et al.*, 2008).

Os primeiros estudos sobre impactos ambientais, utilizando foraminíferos como bioindicadores, foram realizados por Resig (1960) e Watkins (1961). Entretanto, alterações na composição das associações de foraminíferos devido a impactos ambientais já haviam sido mencionadas anteriormente por Zalesny (1959). A partir de então, muitos outros estudos foram realizados com o intuito de avaliar e monitorar possíveis impactos ambientais devido à disposição de esgotos domésticos e industriais em ambientes estuarinos e marinhos, construções de portos, derrame de petróleo e aportes de metais pesados (Yanko *et al.*, 1994; Alve, 1995; Arminot du Châtelet *et al.*, 2004; Burone *et al.*, 2006; Romano *et al.*, 2008).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo caracterizar a granulometria e a composição das associações de foraminíferos da região próxima aos difusores do emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, localizado na porção norte do Canal de São Sebastião, São Sebastião, Estado de São Paulo. Por meio dos resultados obtidos, pretende-se subsidiar informações para futuro monitoramento ambiental na área de estudo.

2. Área de estudo

O Canal de São Sebastião (CSS) está localizado entre as latitudes 23°40'S e 23°53,5'S e

longitudes 45°19' e 45°30'W, no município de São Sebastião, Estado de São Paulo (Fig. 1A). A extensão do CSS é de aproximadamente 25 km, com largura variando entre 6 km na entrada norte e 7 km na entrada sul, estreitando-se na parte central, onde possui 2 km de largura. A profundidade no canal é variável, sendo de 25 m ao norte (Ponta das Canas) e de 23 m ao sul (Ponta da Sela). No interior do canal, as profundidades podem variar de 5 m, próximo ao continente, a 50 m na região central. Segundo Mahiques *et al.* (1989), as depressões profundas encontradas no interior do canal relacionam-se a processos de escavação por marés, ocorridos durante o evento transgressivo holocênico, cujo máximo ocorreu há cerca de 5.100 anos A.P.

A praia de Cigarras (latitudes 23°43'42" - 23°43'55"S e longitudes 45°23'55" - 45°23'50"W), está localizada na região norte, plataforma continental interna no CSS (Fig. 1B). É um ambiente raso, com profundidades inferiores a 10 m, cujas marés oscilam entre os níveis -0,848 m (mínimo), +2,232 m (máximo) e nível intermediário +0,710 m (Marcellino, 2000). A velocidade das correntes é de 0,2 m s⁻¹ em direção NE (Marcellino, 2000).

O local estudado compreende área de aproximadamente 300 m², localizada na parte mais externa da praia de Cigarras, a aproximadamente 1060 m da linha de costa, onde está posicionada a parte final (i.e., difusores) do emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras (Fig. 1C). O emissário de Cigarras entrou em funcionamento em 1985, possui comprimento de 1068 m e diâmetro de 0,16 m. O trecho difusor, o qual auxilia a diluição do esgoto no ambiente marinho, possui 7 orifícios com 50 mm de diâmetro cada, espaçados entre si em 0,5 m (CETESB, 2007). A vazão máxima do emissário é de 0,012 m³ s⁻¹ para atender a uma população de 1600 habitantes (CETESB, 2007). O esgoto disposto recebe apenas tratamento preliminar, sendo realizado gradeamento para retirada de sólidos de maior dimensão e cloração.

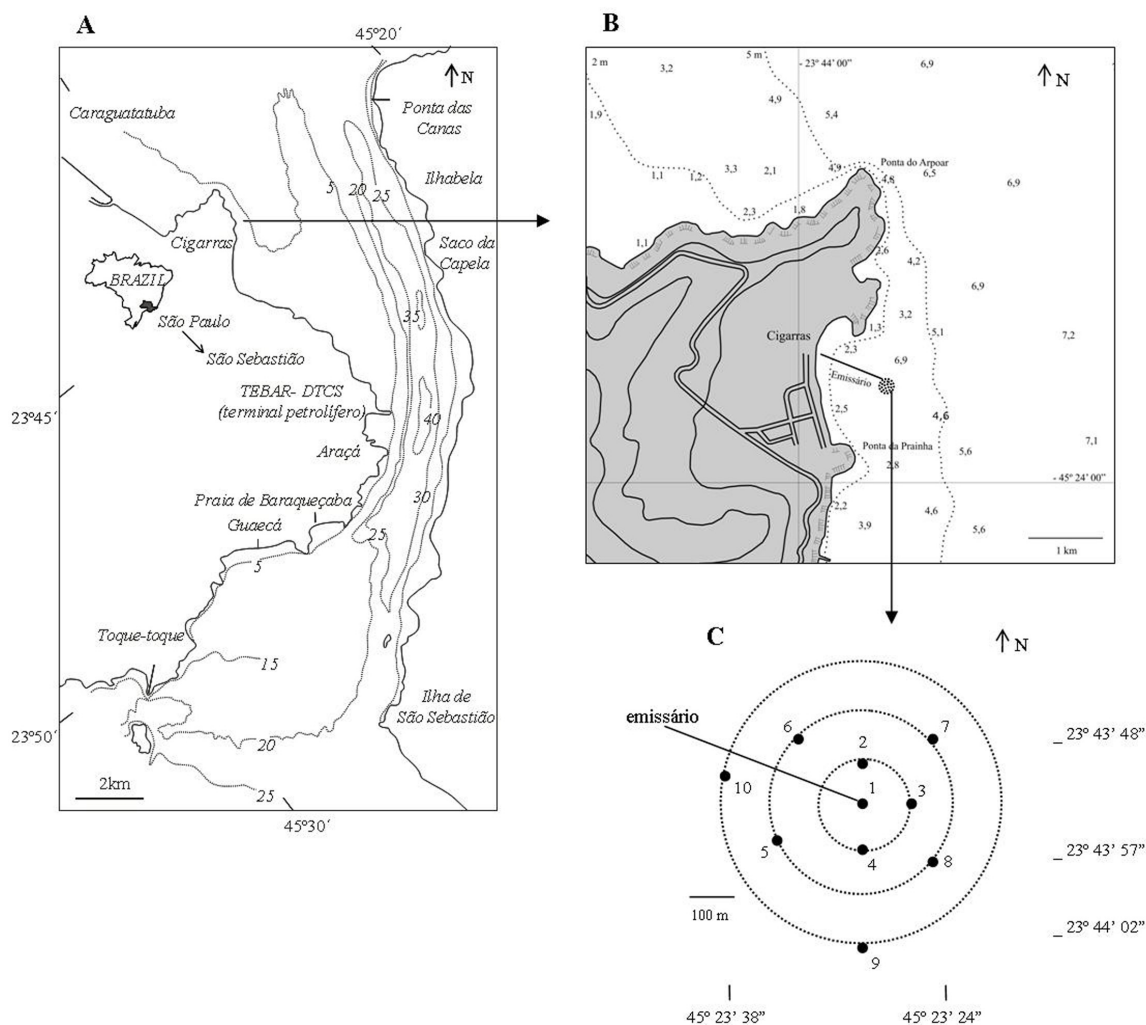


Figura 1. Área de estudo: A. Canal de São Sebastião, B. praia de Cigarras e C. malha de amostragem.

3. Materiais e métodos

Em 28 de Agosto de 2005 foi realizada uma campanha de amostragem pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), quando se coletou 10 amostras na região próxima aos difusores do emissário submarino de Cigarras. A malha de amostragem adotada caracteriza-se em círculos concêntricos, espaçados entre si a cada 100 m (Fig. 1C), com o primeiro ponto posicionado na saída do emissário submarino. Este tipo de malha de amostragem visa acompanhar a dispersão do efluente no ambiente no qual está sendo disposto.

Em cada ponto de coleta foram obtidos dados hidrográficos (profundidade, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido) cedidos pela CETESB e, por meio de pegador do tipo Petersen, foram coletados sedimentos para análises granulométricas, do conteúdo de matéria orgânica e de foraminíferos.

3.1. Análise Granulométrica

As análises granulométricas foram feitas por meio de técnicas de peneiramento e pipetagem, seguindo metodologia descrita em Suguio (1973). A classificação da granulometria e do grau de seleção foi realizada de acordo com Shepard (1954) e Folk & Ward (1957), respectivamente.

Os teores de carbonato de cálcio foram obtidos pela diferença de massa, após dissolução ácida em HCl a 10% (Gross, 1971). A classificação dos sedimentos em relação aos teores de carbonato biodetrítico foi feita segundo Larssonneur *et al.* (1982). O conteúdo de matéria orgânica dos sedimentos foi obtido por meio de diferença de peso, após as amostras de sedimento terem sido submetidas à calcinação em mufla a 550°C pelo período de 4 horas (Byers *et al.*, 1978).

3.2. Análise de foraminíferos

A amostragem dos foraminíferos foi realizada raspando-se as camadas superficiais dos sedimentos amostrados. Para a determinação dos foraminíferos vivos, o sedimento foi fixado em álcool 70 GL e corado com Rosa de Bengala (Walton, 1952) no momento da coleta. Neste estudo, as carapaças que compuseram as tanatocenoses foram utilizadas para inferir a circulação hídrica e a dinâmica sedimentar local, enquanto as biocenoses auxiliaram a identificação, por meio de espécies bioindicadoras, de influências do emissário submarino sobre as associações de foraminíferos.

Para o estudo das tanatocenoses, foi analisada uma alíquota fixa de 10 cm³ de sedimento, sendo triadas, aproximadamente, 300 carapaças de foraminíferos. Quando necessário, devido ao elevado número de indivíduos, a amostra foi compartimentada em subamostras. Já para o estudo das biocenoses, foram analisadas alíquotas de 10 cm³ de sedimento até a obtenção de 100 foraminíferos vivos (Murray, 1991).

As amostras de sedimento para análise das tanatocenoses e biocenoses foram lavadas em peneiras com abertura de 0,500 e 0,062 mm (Schröder *et al.*, 1987). As frações retidas nas peneiras foram secas e submetidas à análise densimétrica por flutuação-afundamento em tricloroetileno. Tal procedimento auxilia na separação das carapaças de foraminíferos do sedimento (Scott *et al.*, 2001). Após a análise densimétrica, os resíduos foram observados sob lupa estereoscópica, com o objetivo de triar eventuais foraminíferos mais pesados que não foram decantados.

Posteriormente, as carapaças foram triadas, identificadas e contadas. A classificação taxonômica baseou-se no atlas de foraminíferos do Atlântico Sul (Boltovskoy *et al.*, 1980) e nos exemplares da coleção micropaleontológica do Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).

Após a identificação taxonômica, foram calculados os valores de densidade, os quais, no caso das biocenoses, foram expressos pelo número de indivíduos por Ncm³ de sedimento, onde N é a alíquota utilizada para a obtenção de 100 indivíduos. Para o estudo comparativo entre as amostras, calculou-se a densidade média em

relação ao volume de 10 cm³ de sedimento. As densidades das tanatocenoses foram calculadas extrapolando-se a fração analisada para a alíquota de 10 cm³ de sedimento.

Com o intuito de se obter melhor conhecimento sobre os subambientes existentes na área de estudo, as espécies foram agrupadas em espécies bioindicadoras de ambiente enriquecido por matéria orgânica (i.e., *Bolivina* spp., *Buliminella elegantissima*, *Fursenkoina pontoni*, *Hopkinsina pacifica* e *Pseudononion* spp. entre outras) e de ambiente óxico, bem como de energia hidrodinâmica de moderada a forte (i.e., famílias Cibicidae, Discorbidae, Rosalinidae, Galvenellidae, assim como Miliolidae). A classificação das espécies foi feita segundo dados apresentados em Boltovskoy (1958) e Duleba *et al.* (2005).

Posteriormente, as espécies foram divididas em dominantes (> 50% da amostra), subdominantes (< 50 a > 25%), acessórias (< 24 a > 5%) e raras (< 5%).

Por meio do analisador de imagens *Analysis* do Laboratório de Micropaleontologia do IGc-USP, foram feitas análises morfométricas de todas as carapaças triadas (tanatocenoses e biocenoses), excetuando-se as formas juvenis. Com os resultados obtidos, as carapaças foram agrupadas em pequenas (< 125 µm), médias (125 - 250 µm), grandes (250 - 500 µm) e muito grandes (> 500 µm). A definição das classes de tamanho foi baseada na escala granulométrica proposta por Wentworth (1922), ou seja, areia fina, média, grossa e muito grossa.

Com base nos estudos realizados por Duleba (1994), foram realizadas análises tafonômicas nas carapaças que compuseram as tanatocenoses, em relação à coloração e grau de preservação. No tocante à coloração, as carapaças foram divididas em i) branco/branco leitoso (sem preenchimento e/ou impregnação de compostos), ii) preenchidas por monossulfeto de ferro ou matéria orgânica, iii) impregnadas por óxido de ferro e iv) com sinais de piritização. Já, em relação ao grau de preservação, as carapaças foram agrupadas em i) inteiras (i.e. sem vestígios de abrasão mecânica), ii) parcialmente fragmentadas e iii) fragmentos de carapaças. As análises tafonômicas foram realizadas por meio de visualização através de lupa estereoscópica Stemi SV6 da Zeiss.

3.3. Tratamento estatístico

Com o objetivo de estudar a diversidade e a distribuição das espécies nas amostras, foi analisada a diversidade específica, por meio do índice de Shannon-Wiener (H'), e a equitatividade, pelo índice de Pielou (J), expressos, respectivamente, pelas equações:

i) $H' = - \sum^p i(\ln p_i)$, sendo p_i a abundância relativa das espécies em relação ao número total de indivíduos da amostra e

ii) $J = H'/\ln S$, onde S equivale ao número total de espécies encontradas na amostra.

Definiu-se como riqueza o número total de espécies encontradas em cada estação analisada.

Para analisar a distribuição, bem como a influência das diversas frações granulométricas e teores de matéria orgânica em relação às densidades e riquezas das biocenoses, foram calculados Coeficientes de Correlação de Pearson (r). Para as análises estatísticas, todas as espécies

foram consideradas. Os Coeficientes de Correlação de Pearson e o teste t foram calculados por meio do software *Microsoft Excel 2003*.

4. Resultados

4.1. Dados Hidrográficos (profundidade, temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido)

As localizações, profundidades e os dados hidrográficos das amostras constam na tabela 1.

A área de estudo está posicionada em ambiente raso, cujas profundidades oscilam entre 5,8 e 7,0 m, com profundidade média de 6,7 m.

Não se observou estratificação horizontal para os parâmetros temperatura, salinidade e pH. Os valores de temperatura oscilaram entre 21,8 e 21,9°C e os de salinidade entre 33,9 e 34,1 UPS. Em relação ao pH, os valores variaram de 8,15 a 8,18. As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de 6,74 a 7,12 mg L⁻¹, sendo o maior valor observado na estação 10, a qual está posicionada a oeste da parte final do emissário submarino.

Tabela 1. Localização e dados hidrográficos obtidos próximos aos difusores do emissário submarino de Cigarras.

Estações	Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (UPS)	pH	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)
1	-23° 43' 52"	-45° 23' 28"	6,80	21,90	34,10	8,16	6,87
2	-23° 43' 49"	-45° 23' 28"	6,50	21,80	33,90	8,15	6,87
3	-23° 43' 52"	-45° 23' 25"	7,00	21,80	34,00	8,15	6,76
4	-23° 43' 55"	-45° 23' 28"	6,80	21,90	34,00	8,15	6,84
5	-23° 43' 54"	-45° 23' 34"	5,80	21,80	34,10	8,18	6,82
6	-23° 43' 48"	-45° 23' 33"	6,70	21,90	34,00	8,16	6,95
7	-23° 43' 48"	-45° 23' 23"	7,00	21,80	34,10	8,17	6,78
8	-23° 43' 57"	-45° 23' 23"	6,90	21,80	34,00	8,15	6,74
9	-23° 44' 02"	-45° 23' 28"	6,90	21,80	34,10	8,17	6,84
10	-23° 43' 50"	-45° 23' 38"	6,70	21,90	34,10	8,17	7,12

4.2. Análises Sedimentológicas: granulometria, carbonato de cálcio e matéria orgânica

Os sedimentos da região próxima ao emissário submarino de Cigarras, de acordo com a classificação proposta por Shepard (1954), são denominados i) areia siltica nas estações 1 a 5, 7 a 9; ii) silte arenoso na estação 6 e iii) silte na

estação 10 (Tab. 2). O grau de seleção dos sedimentos oscilou entre muito pobremente (2,48 a 2,87 σ) e pobremente selecionado (1,58 e 1,65 σ) (Tab. 2). Grânulos foram observados em quase todas as estações, porém em concentrações pouco significativas (0,07 a 0,42%) (Tab. 2). A fração identificada como grânulo refere-se a conchas de bivalves.

Os teores de carbonato de cálcio variaram entre 11,70 e 27,76%, o que caracteriza a região estudada como ambiente litoclástico (Larsonneur *et al.*,1982) (Tab. 2). As maiores concentrações foram observadas nas estações 5 (27,76%) e 10 (24,86%), respectivamente, a sudoeste e oeste em relação ao emissário submarino. A menor

concentração, por sua vez, ocorreu na estação 1 (11,70%), localizada na saída do emissário submarino. Os teores de matéria orgânica variaram entre 6,96 e 15,14% (Tab. 2). A maior porcentagem foi observada na estação 10, ocorrendo o contrário na estação 1.

Tabela 2. Resultados das análises granulométricas, teores de carbonato de cálcio (CaCO₃) e matéria orgânica (M.O.) dos sedimentos obtidos próximo ao emissário submarino de Cigarras.

Estações	D. Médio Φ	D. Padrão σ	Grânulos (%)	Areia					Silte (%)	Argila (%)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)
				Mto Grossa (%)	Grossa (%)	Média (%)	Fina (%)	Mto Fina (%)				
1	3,85	2,68	0,42	2,93	9,94	15,31	17,45	18,38	27,49	8,08	11,70	6,96
2	4,58	2,51	0,12	1,16	4,43	9,91	13,63	18,99	40,94	10,83	13,35	8,50
3	4,69	2,50	0,00	0,83	6,74	9,92	9,08	19,50	42,81	11,13	12,67	8,14
4	4,54	2,87	0,00	1,35	8,51	12,09	15,12	14,12	30,92	17,89	17,23	7,16
5	4,70	2,75	0,12	2,72	4,94	9,61	16,69	12,77	37,42	15,74	27,76	9,61
6	4,15	1,58	0,00	1,12	2,53	6,60	14,16	14,60	60,24	0,75	15,86	10,62
7	4,50	2,49	0,07	1,33	8,08	10,64	8,69	23,00	41,16	7,03	19,32	7,44
8	4,72	2,48	0,00	0,31	3,22	11,14	11,96	18,45	42,86	12,06	16,36	7,89
9	4,30	2,85	0,16	1,58	9,02	15,20	15,77	8,86	29,82	19,59	12,89	7,59
10	5,53	1,65	0,10	0,76	1,22	1,27	1,65	1,34	89,96	3,70	24,86	15,14

4.3. Análise de Foraminíferos

4.3.1. Composição e distribuição das tanatocenoses

Foram identificados 13 gêneros e 58 espécies de foraminíferos (1 planctônico e 57 bentônicos) (Anexo 1). As espécies de foraminíferos bentônicos encontram-se distribuídas nas Subordens Textulariina (5 espécies), Miliolina (6 espécies) e Rotaliina (46 espécies). Algumas das espécies identificadas estão ilustradas na figura 2.

Os valores de densidade, em 10 cm³ de sedimento, oscilaram entre 501 e 2024 foraminíferos (Anexo 1). Os maiores valores ocorreram nas estações 2, 3 e 4 posicionadas próximo à saída do emissário submarino, respectivamente a norte, leste e sul. Por outro lado, as menores densidades foram observadas nas estações 5 e 10, localizadas na região oeste da malha de amostragem.

Os valores de riqueza oscilaram entre 25 e 38 espécies (Anexo 1). Os maiores valores foram observados na estação 9 (região sul), ocorrendo o contrário na estação 6 (região noroeste). Os

resultados H' e J variaram entre 0,31 a 2,85 e entre 0,09 e 0,85, respectivamente. Com exceção das estações 1 e 9, os valores encontrados são considerados elevados (Anexo 1).

Ammonia tepida e *Pararotalia cananeaensis* são as espécies predominantes. As abundâncias relativas de *Ammonia tepida* oscilaram entre 20,2 e 34,9% (média 25,5%; desvio padrão 4,6%). *Pararotalia cananeaensis* ocorreu em abundâncias relativas que variaram de 8,2 e 15,4% (média 12,11%; desvio padrão 2,65%). As demais espécies relacionadas no Anexo 1, por possuírem abundâncias relativas inferiores a 5%, são consideradas raras.

Por meio do agrupamento de espécies bioindicadoras de ambiente enriquecido por matéria orgânica e ambiente óxico, observou-se predomínio de espécies pertencentes ao primeiro grupo. As principais espécies que o compuseram foram *Bolivina* spp., *Bulimina* spp, *Pseudononion* spp., *Brizalina striatula*, *Hopkinsina pacifica* e *Fursenkoina pontoni*. As abundâncias relativas oscilaram de 13,2 a 26,9%. Os maiores valores ocorreram nas estações 2 (26,9%) e 8 (26,2%).

As principais espécies que compuseram o grupo de espécies bioindicadoras de ambiente

óxico foram *Discorbis williamsoni*, *Hanzawaia boueana*, *Neocornobina terquemi*, *Rolshauseni rolshauseni*. As abundâncias relativas deste grupo variaram de 1,3 a 5,5%.

Formas jovens de foraminíferos, ou seja, jovens rotaliídeos em conjunto com formas juvenis de *Ammonia* sp., *Criboelphidium* sp. e *Pseudononion* sp., foram observados em abundâncias relativas que variaram entre 7,5 e 24,3%. Os maiores valores ocorreram nas estações 1, 7 e 8 (região leste), 6 e 10 (região oeste).

4.3.2. Composição e distribuição das biocenoses

Para a análise dos foraminíferos que compuseram as biocenoses, foram utilizados volumes de sedimento que oscilaram entre 30 e 60 cm³ (Anexo 2). Foram identificados 7 gêneros e 23 espécies de foraminíferos (Anexo 2), algumas das quais se encontram ilustradas na figura 2. Assim como o observado para as tanatocenoses, a Subordem dominante foi a Rotaliina (21 espécies), sendo raros os representantes da Subordem Miliolina (2 espécies) e ausentes espécimes da Subordem Textulariina.

As densidades oscilaram entre 93 e 137 foraminíferos, sendo que a densidade média, em relação ao volume de 10 cm³, oscilou entre 17 e 46 espécimes. A maior densidade foi observada na estação 8 (região sudeste), onde foram obtidos 137 indivíduos em 30 cm³ de sedimento. Em contrapartida, na estação 5 (região oeste), foram necessários 60 cm³ de sedimento para obtenção de 99 foraminíferos vivos.

A riqueza oscilou entre 4 e 16 espécies. As estações 5, 9 e 10 apresentaram as menores riquezas, ocorrendo o contrário nas estações 1 e 3 (Anexo 2).

Os valores de H' oscilaram entre 0,22 e 1,25 (Anexo 2). Por meio dos resultados obtidos, excetuando-se as estações 1 e 3, observou-se

baixa diversidade específica (H') em todas as demais estações analisadas. Os valores de J oscilaram entre 0,16 a 0,46. A estação 10 apresentou os menores valores de H' e J, ou seja, 0,22 e 0,16, respectivamente.

As espécies que apresentaram as maiores abundâncias relativas, em ordem decrescente de importância foram *Ammonia tepida*, *Brizalina striatula*, *Buliminella elegantissima* e *Pararotalia cananeiaensis*. *Ammonia tepida* é a espécie dominante em todas as amostras. As abundâncias relativas obtidas para esta espécie foram sempre superiores a 77%. *Brizalina striatula*, cujas abundâncias relativas oscilaram entre 0,9 e 7,9%, é considerada espécie acessória na estação 4 e rara nas demais estações. *Buliminella elegantissima* é espécie acessória na estação 5 e rara nas demais estações. A abundância relativa desta espécie variou de 0,9 a 5,1%. *Pararotalia cananeiaensis*, apesar de ausente nas estações 2, 4, 9 e 10, é considerada espécie acessória nas estações 3 e 6 e rara nas demais estações. As abundâncias relativas de *Pararotalia cananeiaensis* variaram de 2,2 a 5,9%. As demais espécies, não mencionadas e relacionadas no Anexo 2, são consideradas raras por possuírem abundâncias relativas inferiores a 5%.

Assim como o observado para as tanatocenoses, espécies bioindicadoras de ambiente enriquecido por matéria orgânica foram predominantes. As principais espécies que compuseram este grupo foram *Bolivina* spp., *Brizalina striatula*, *Buliminella elegantissima* e *Pseudononion* spp. As abundâncias relativas oscilaram entre 1,8 e 14,2%, estando presentes nas estações 1 (11,9%), 3 (12,9%) e 4 (14,2%) os maiores valores. Espécies bioindicadoras de ambiente óxico, por sua vez, somente foram observadas nas estações 1 (2,2%), 2 (2%) e 3 (1,5%). As principais espécies que compuseram este grupo foram *Quinqueloculina* spp., *Discorbis williamsoni*, *Neocornobina terquemi* e *Rosalina floridana*.

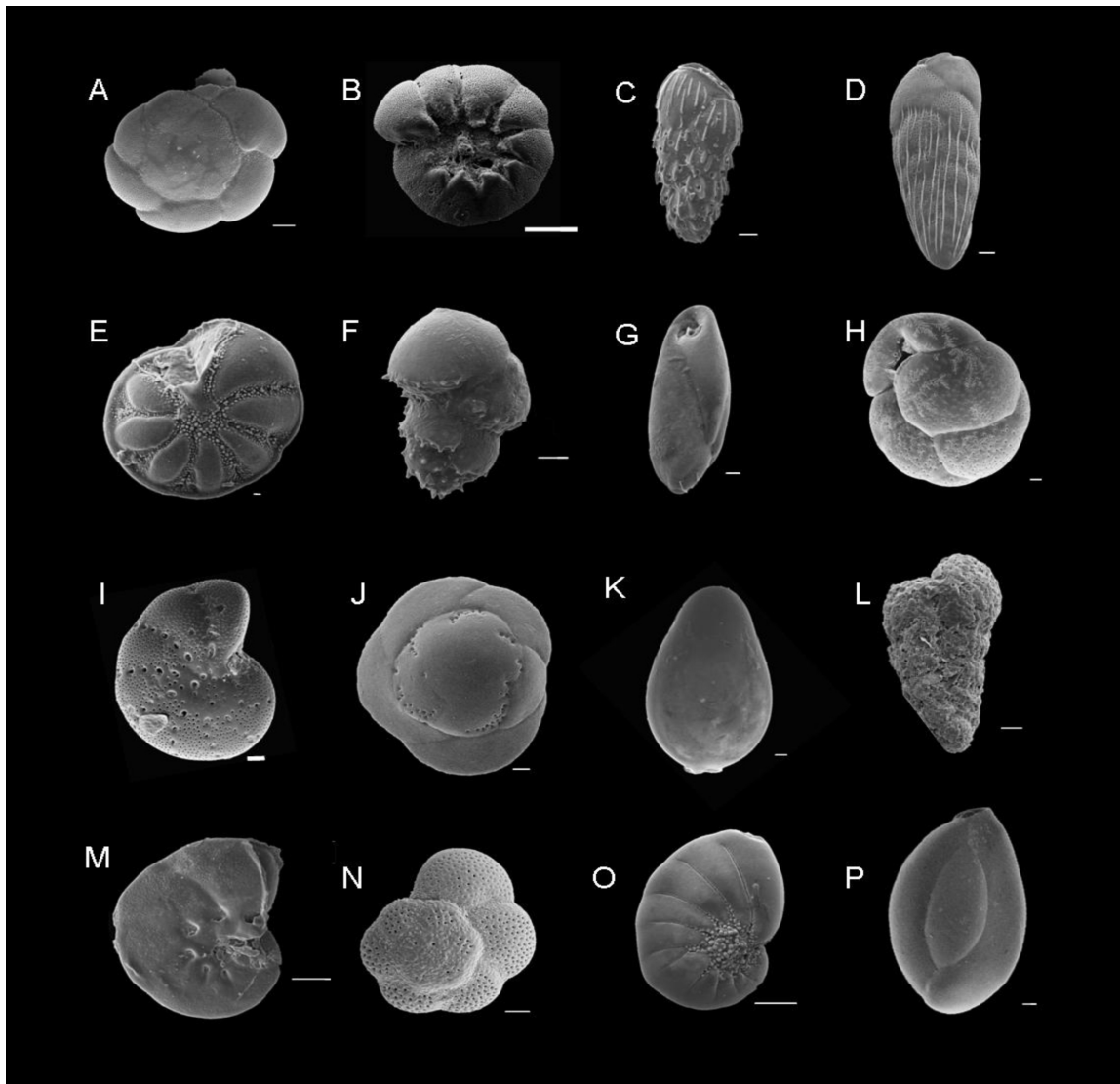


Figura 2. Espécies selecionadas de foraminíferos identificadas próximo ao emissário submarino de Cigarra: (A) *Ammonia tepida* (lado espiral), 30 mm; (B) *Ammonia tepida* (lado umbilical), 100 mm; (C) *Bolivina pulchella*, 30 mm; (D) *Brizalina striatula*, 30 mm; (E) *Buccella peruviana* (lado umbilical), 10 mm; (F) *Bulimina marginata*, 20 mm; (G) *Buliminella elegantissima*, 10 mm; (H) *Cassidulina crassa* f. *media*, 10 mm; (I) *Criboelphidium poyeanum*, 20 mm; (J) *Discorbis williamsoni* (lado espiral), 20 mm; (K) *Fissurina laevigata*, 10 mm; (L) *Gaudryina exilis*, 20 mm; (M) *Hanzawaia boueana*, 100 mm; (N) *Pararotalia cananeiaensis* (lado espiral), 30 mm; (O) *Pseudononion atlanticum*, 100 mm; (P) *Quinqueloculina lamarckiana*, 30 mm.

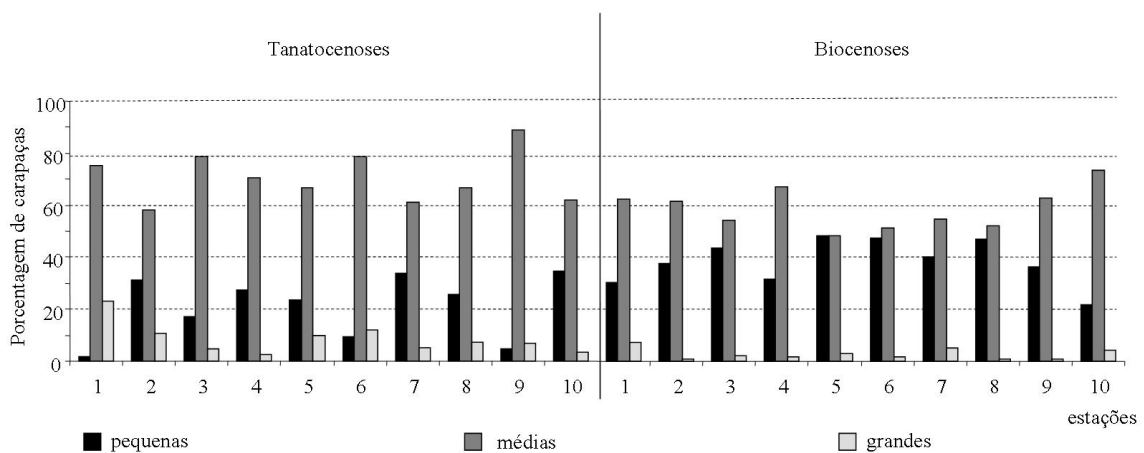


Figura 3. Resultados das análises morfométricas realizadas nas carapaças de foraminíferos que compuseram as tanatocenoses e biocenoses.

4.3.3. Análise morfométrica

Os resultados das análises morfométricas indicaram foraminíferos com carapaças pequenas, médias e grandes nas tanatocenoses e biocenoses (Fig. 3). Nas tanatocenoses, carapaças médias predominaram em todas as amostras em porcentagens que variaram entre 58 e 89%. A porcentagem de carapaças pequenas oscilou de 2 a 35%. As maiores porcentagens ocorreram nas estações 7 (34%) e 10 (35%), ocorrendo o contrário na estação 1 (2%). Carapaças grandes, por sua vez, ocorreram em porcentagens que variaram entre 2 e 23%, sendo observado na estação 1 o maior valor.

Nas biocenoses, excetuando-se a estação 5, carapaças médias foram predominantes. As porcentagens obtidas variaram entre 48,5 e 74%. O número de carapaças pequenas foi superior ao observado para as tanatocenoses, com porcentagens entre 22 e 48,5%. As maiores porcentagens ocorreram em estações posicionadas nas regiões leste, nordeste e sudeste (mais precisamente nas estações 3, 7 e 8), e nas

estações 5 e 6, regiões oeste e noroeste, respectivamente. Carapaças grandes ocorreram em todas as estações, em porcentagens que variaram de 1 a 7%. Observou-se na estação 1 a maior porcentagem de carapaças grandes.

Somente um macroforaminífero foi identificado, *Fursenkoina pontoni*, com carapaça medindo 605,25 μm , ocorrente na tanatocenose da estação 1.

4.3.4. Análise tafonômica

As carapaças, em sua grande maioria - entre 61 e 74% - apresentaram-se parcialmente fragmentadas em decorrência de abrasão mecânica (Fig. 4). Carapaças inteiras ocorreram em porcentagens que variaram de 23 a 33%. Os maiores valores ocorreram nas estações 2 (33%) e 9 (32%). Fragmentos de carapaças foram observados em todas as amostras, sendo mais numerosos nas estações 8 (11%) e 9 (7%), localizadas, respectivamente, nas regiões sudeste e sul da malha de amostragem. As porcentagens de fragmentos oscilaram entre 2 e 11%.

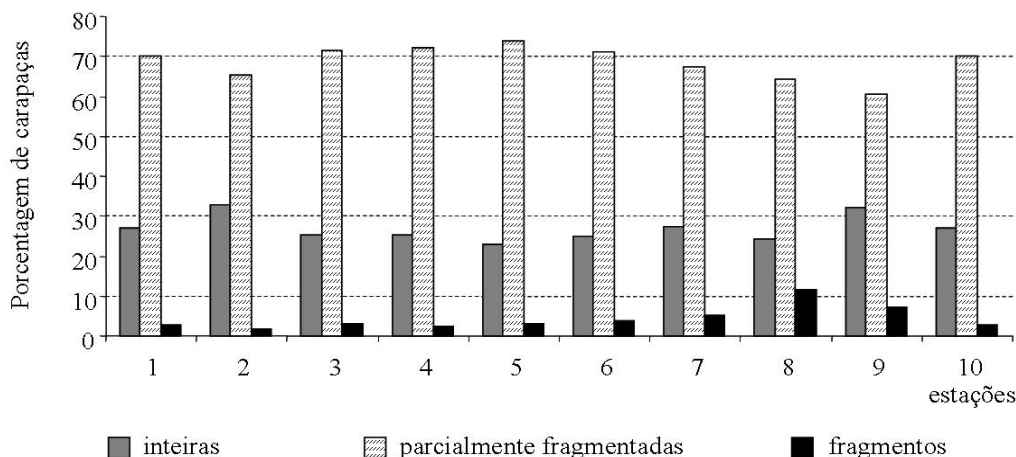


Figura 4. Grau de preservação das carapaças que compuseram as tanatocenoses.

No tocante à coloração, foram observadas carapaças de cor branco/branco leitoso (i.e, sem preenchimento, recobrimento e/ou impregnação), carapaças cinzas e/ou com pontos pretos (devido à presença de monossulfeto de ferro e matéria orgânica) e preto iridescente devido a processos de piritização (Fig. 5). Carapaças brancas foram predominantes em porcentagens que oscilaram entre 61 e 80%. Os maiores valores ocorreram nas estações 2 (76%) e 7 (80%), localizadas, respectivamente, nas regiões

norte e nordeste em relação à parte final do emissário submarino.

Carapaças preenchidas por matéria orgânica e/ou monossulfeto de ferro estiveram presentes em todas as amostras, em porcentagens que variaram entre 17 e 35%. Os maiores valores ocorreram nas estações 1 (35%) e 8 (33%). Carapaças piritizadas, apesar de presentes em todas as estações, apresentaram porcentagens pouco significativas, ou seja, oscilaram entre 2 e 5%.

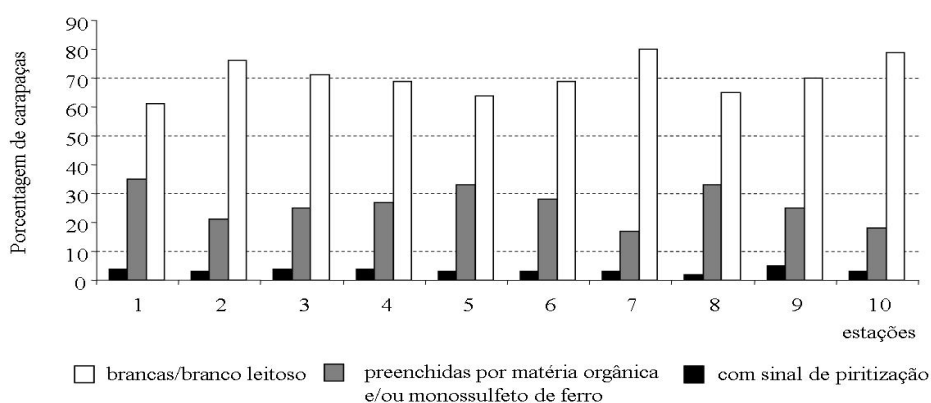


Figura 5. Coloração apresentada pelas carapaças de foraminíferos que compuseram as tanatocenoses.

5. Discussão

5.1. Dados hidrográficos e sedimentológicos

Não foram observadas estratificações para os parâmetros hidrográficos. Entretanto, denotou-se a presença da massa de água Água Costeira durante o período de coleta.

Excetuando-se a estação 1, observou-se predominância de sedimentos pelíticos, principalmente na fração silte. As maiores concentrações ocorreram nas estações 6 e 10, indicando diminuição de circulação de fundo para as regiões onde estas estações estão posicionadas, ou seja, regiões noroeste e oeste, respectivamente. A estação 1, localizada na saída do emissário submarino, apresentou o maior teor de sedimentos arenosos (64%). Tal concentração aparentemente é reflexo do volume do efluente disposto ($0,012 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), o qual dificultaria a deposição e preservação de finos.

Os teores de matéria orgânica obtidos inferem enriquecimento orgânico da área de estudo. Segundo classificação proposta por Ungemach (1960 *in* Esteves, 1998), os sedimentos das estações 6 e 10 são classificados como orgânicos por possuírem teores acima de 10%.

O enriquecimento orgânico na região, observado pelos teores de matéria orgânica, pode estar relacionado ao constante aporte de esgotos domésticos por meio do emissário submarino. Contudo, para confirmar esta hipótese, são necessárias novas amostragens na área de estudo para realização de análises geoquímicas, com o intuito de quantificar as concentrações de nutrientes, assim como identificar a origem da matéria orgânica.

Por meio da disposição granulométrica e das concentrações de matéria orgânica, infere-se que a região próxima ao emissário submarino constitui ambiente com baixa circulação de fundo, o que tende a dificultar a dispersão da pluma originada pelos esgotos dispostos.

5.2. Foraminíferos

5.2.1 Tanatocenoses

A densidade de foraminíferos que compuseram as tanatocenoses variou entre 501 e 2024 indivíduos. A riqueza, por sua vez, oscilou de 25 a 38 espécies. Excetuando-se a estação 1, considera-se elevado os valores obtidos para diversidade e equitatividade.

Ammonia tepida é a espécie predominante em todas as estações analisadas. As maiores abundâncias relativas estiveram associadas a sedimentos lamosos ($r = 0,66$; $p < 0,001$), principalmente na fração silte ($r = 0,51$; $p < 0,001$).

A segunda espécie mais abundante é *Pararotalia cananeaensis*. Esta espécie tem sido observada com frequência em regiões costeiras brasileiras (Debenay *et al.*, 2001), sendo sua presença associada a aporte de águas marinhas em estuários. Devido ao pequeno tamanho de sua carapaça (inferior a $200 \mu\text{m}$), *Pararotalia cananeaensis* é facilmente transportada pelas correntes, motivo pelo qual tem sido utilizada como espécie indicadora de transporte de material sedimentar de origem marinha (Debenay *et al.*, 2001).

Excetuando-se *Ammonia tepida* e *Pararotalia cananeaensis*, as demais espécies constantes do Anexo 1 são consideradas raras.

Em conjunto, perfazem um total de 96,5% das espécies identificadas.

Por meio da análise morfométrica, observou-se que a maioria das carapaças possui comprimentos que oscilam entre 100 e 200 mm. Com base no disposto em Murray *et al.* (1991) e por meio do Diagrama de Hjulstrom (adaptado de Dercourt & Paquet, 1986), verificou-se que carapaças com estes tamanhos são passíveis de transporte em suspensão na coluna de água em velocidade de corrente de $0,2 \text{ m s}^{-1}$ (corrente de superfície na praia de Cigarras; Marcellino, 2000), assim como a partir da circulação de fundo gerada pelo efluente disposto ($0,012 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). O transporte das carapaças dentro da área de estudo por meio de suspensão é corroborado pela baixa porcentagem de fragmentos de carapaças, bem como pela significativa porcentagem de carapaças inteiras.

Ainda com relação à análise morfométrica, a presença das três classes de tamanho, ou seja, pequenas, médias e grandes, em todas as estações indica que na área de estudo não há seleção hidráulica efetiva no tocante ao tamanho das carapaças e/ou grãos de sedimento. Tal fato, aparentemente, é decorrente da constante alternância no sentido e fluxo das correntes de fundo, que ocorrem na praia de Cigarras (Furtado, 1995).

As carapaças, no que se refere à coloração, apresentaram-se em grande maioria sem impregnação de compostos. Entretanto, carapaças preenchidas por matéria orgânica ocorreram em expressiva porcentagem (17 a 35%), principalmente na saída do emissário submarino, indicando que existe significativa concentração de matéria orgânica na interface água-sedimento na estação 1, apesar dos sedimentos desta estação apresentarem baixos teores de matéria orgânica. Carapaças piritizadas também foram observadas, porém em baixa densidade (2 a 5%), sugerindo possíveis sub-ambientes redutores, ou mesmo proximidade destes sub-ambientes com a área de estudo.

5.2.2 Biocenoses

Diferenças entre as tanatocenoses e as biocenoses foram observadas em relação à riqueza, diversidade e equitatividade (q.v. Anexo 1 e Anexo 2), cujos valores foram significativamente inferiores nas biocenoses. As espécies de foraminíferos que compuseram as biocenoses representam somente 36% das espécies (21

espécies) que foram identificadas nas tanatocenoses. Esta diferença, na composição das associações de foraminíferos, pode ser associada ao predomínio de espécies transportadas de regiões próximas para a área de estudo.

O estresse ambiental que há próximo aos difusores do emissário da praia de Cigarras somente foi denotado pelas associações de foraminíferos que compuseram as biocenoses. Por serem organismos autóctones estão sob influência direta dos parâmetros ambientais locais (Murray, 1991; Armynot du Châtelet *et al.*, 2004).

Os maiores valores de diversidade específica ($r = 0,56$; $p < 0,001$) e equitatividade ($r = 0,76$; $p < 0,001$) ocorreram em sedimentos arenosos, ocorrendo relação inversa em relação a sedimentos pelíticos. Como exemplo, cita-se a estação 10, a qual apresentou os menores valores de riqueza, diversidade específica e equitatividade.

O padrão de distribuição em relação à granulação dos sedimentos difere do proposto por Hendrix (1958). Segundo o autor, as maiores densidades de foraminíferos são encontradas em sedimentos finos, ocorrendo o contrário em sedimentos arenosos. As baixas densidades, riquezas e diversidades específicas obtidas, em sedimentos pelíticos, podem decorrer do fato de que esta fração possui maior capacidade de adsorção e preservação de nutrientes, assim como de poluentes. Entretanto, sabe-se que muitos são as variáveis ambientais que podem influenciar a distribuição e composição das associações de foraminíferos, como por exemplo, temperatura, pH, salinidade, nutrientes e grau de oxigenação (Alves, 1995). Como neste estudo ocorreram somente significativas correlações negativas entre diversidade específica ($r = -0,56$; $p < 0,001$) e equitatividade ($r = -0,81$; $p < 0,001$) em relação à matéria orgânica, ressalta-se a importância de novas coletas, para que sejam analisados e quantificados os nutrientes que a compõem.

Os baixos valores de diversidade específica e equitatividade estão associados à dominância de *Ammonia tepida*. Dos 1162 foraminíferos identificados, 975 espécimes (84%) são desta espécie. *Ammonia tepida* é espécie euribionte (Murray, 1991), adaptada a grandes variações ambientais, sejam elas naturais ou antropogênicas, motivo pelo qual se sobressai em regiões sob estresse ambiental, onde espécies mais sensíveis tendem a diminuir a densidade ou

desaparecer. Muitos autores têm reportado a dominância de *Ammonia tepida* em regiões impactadas antropicamente pelo enriquecimento orgânico e metais pesados oriundos de disposição de esgotos, poluentes gerados por indústrias petroquímicas e de fertilizantes (Yanko *et al.*, 1994; Alve, 1995; Cearreta *et al.*, 2002; Burone *et al.*, 2006; Ferraro *et al.*, 2006; Le Cadre & Debenay, 2006; Frontalini & Coccioni, 2008, entre outros).

Um dos fatores que aparentemente está influenciando a alta densidade desta espécie na região analisada é a matéria orgânica. Neste estudo, observou-se significativa correlação de *Ammonia tepida* com os teores de matéria orgânica ($r = 0,61$; $p < 0,001$). No ponto 10, onde ocorreram as maiores concentrações de matéria orgânica, a dominância da espécie chegou a 95,6%.

Assim como nas tanatocenoses, as espécies infaunais, bioindicadoras de ambiente enriquecido por matéria orgânica, foram mais abundantes do que espécies da epifauna, bioindicadoras de ambiente de maior oxigenação, principalmente na estação posicionada na saída do emissário submarino (estação 1: 11,9%) e em estações circunvizinhas, ou seja, estações 2 (9,4%), 3 (12,9%) e 4 (14,2%).

O baixo grau de oxigenação da interface água-sedimento também é indicado pela predominância de foraminíferos de carapaças de tamanho médio e pequeno. O tamanho das carapaças dos foraminíferos é diretamente proporcional à oxigenação do meio indicando que ambientes com características redutoras possuem concentrações suficientes de oxigênio para promover atividade metabólica de foraminíferos com tamanhos reduzidos, ocorrendo o contrário em ambiente de maior oxigenação (Bradshaw, 1961; Phleger & Soutar, 1973; Bernhard, 1986).

6. Conclusão

Por meio dos resultados das análises granulométricas e dos teores de matéria orgânica, observou-se que a área de estudo é ambiente de fraca circulação de fundo, cujo baixo grau de seleção é devido à constante alternância do fluxo e direção das correntes. Devido às características oceanográficas em que os difusores do emissário submarino estão posicionados, grande parte do material particulado contido na pluma formada pelo esgoto disposto tende a se depositar na área

de estudo, alterando as condições geoquímicas dos sedimentos. Apesar de serem resultados preliminares, infere-se, que os baixos valores de riqueza, diversidade e equitatividade obtidos são indicativos de ambiente sob estresse ambiental.

Agradecimentos - Os autores agradecem à FAPESP, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de mestrado e doutorado (Processos 02/02612-2 e 06-54504-6), à CETESB pela doação das amostras de sedimento e dados hidrográficos, Isaac J. Sayeg (Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, IGc-USP) pelas fotomicrografias dos foraminíferos, e aos dois avaliadores que muito contribuíram com cuidadosa revisão e sugestões para o manuscrito.

Referências

- Alve, E. 1995. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a Review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3):190-203.
- Armynot du Châtelet, E., Debenay, J.P. & Soulard, R. 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environmental Pollution*, 127(1):27-40.
- Armynot du Châtelet, E., Bout-Roumazeilles, V., Riboulleau, A. & Trentesaux, A. 2008. Sediment (grain size and clay mineralogy) and organic matter quality control on living foraminifera. *Revue de Micropaléontologie*, 52 (1): 75-84.
- Bernhard, J.M. 1986. Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminiferal Research*, 16:207-215.
- Boltovskoy, E. 1958. Foraminifera as biological indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology*, 5:473-481.
- Boltovskoy, E., Giussani, G., Watanabe, S. & Wright, R. 1980. *Atlas of benthic shelf foraminifera of southwest Atlantic*. Netherlands, Dr. W. Junk, 147p.
- Bonfante, R.L., Duleba, W. & Mahiques, M.M. 2005. Dinâmica de fundo da Enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(3):181-192.
- Bradshaw, J.S. 1961. Laboratory experiments in the ecology of foraminifera. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 12(3):87-106.
- Burone, L., Venturini, N., Sprechmann, P., Valente, P. & Muniz, P. 2006. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. *Marine Pollution Bulletin*, 56:61-73.
- Byers, S., Mills, E. & Stewart, P. 1978. Comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method.

- Hydrobiologia*, 58(1):43-47.
- Cearreta, A., Irabien, M.J., Leorri, E., Yusta, I., Quintanilha, A. & Zabaleta, A. 2002. Environmental transformation of the Bilbao estuary, N. Spain: microfaunal and geochemical proxies in the recent sedimentary record. *Marine Pollution Bulletin*, 44:487-503.
- CETESB. 2007. Monitoramento Ambiental de Emissários Submarinos. São Paulo, 106 p. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/publicacoes.asp>. Acesso em 22 mai. 2009.
- Debenay, J.P., Duleba, W., Bonetti, C., Melo e Souza, S.H. & Eichler, B. 2001. *Pararotalia cananeaensis* n. sp.: indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coast and paralic environments. *Journal of Foraminiferal Research*, 31(2):152-163.
- Debenay, J. P.; Guillou, J. J. 2002. Ecological transitions indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments. *Estuaries*, 25:1107-1120.
- Debenay, J. P., Millet, B. & Angelidis, M. O. 2005. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the Gulf of Kalloni, Greece. *Journal of Foraminiferal Research*, 35(4):327-343.
- Dercourt, J. & Paquet, J. 1986. *Geologia Objectos e Métodos*. Coimbra: Livraria Almedina, 373 p.
- Diz, P. & Francés, G. 2008. Distribution of live benthic foraminifera in the Ría de Vigo (NW Spain). *Marine Micropaleontology*, 66:165-191.
- Duleba, W. 1994. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos, da Enseada do Flamengo, SP. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 42(1/2):63-72.
- Duleba, W. & Debenay, J. P. 2003. Hydrodynamic circulation in the estuaries of estação ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*, 33(1):62-93.
- Duleba, W.; Coimbra, J. C.; Petri, S.; Barbosa, C. F. 2005. Foraminíferos, tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIU, K.; SANTOS, M. & OLIVEIRA, (Ed.), *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto, Holos, 2005. p.94-113.
- Esteves, F. 1998. *Fundamentos de limnologia*. 2ª. Ed. Rio de Janeiro, Interciência, 602 p.
- Ferraro, L., Sprovieri, M., Alberico, I., Lirer, F., Prevedello, L. & Marsella, E. 2006. Benthic foraminifera and heavy metals distribution: A case study from de Naples Harbour (Tyrrhenian Sea, Southern Italy). *Environmental Pollution*, 142:274-287.
- Folk, R.R. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: study of significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 17:3-27
- Frontalini, F. & Coccioni, R. 2008. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(2):404-417.
- Furtado, V.V. 1995. Sedimentação quaternária no Canal de São Sebastião. *Publicação Especial Instituto Oceanográfico da USP*. São Paulo. 11:27-35.
- Gross, M.G. 1971. Carbon determination. In: Carver, R.E. (ed.), *Procedures in sedimentary petrology*. New York: Wiley, p. 573-596.
- Hendrix, W.E. 1958. Foraminiferal shell form, a key to sedimentary environment. *Journal of Paleontology*, 32(4):649-660.
- Larssoneur, C., Bouysse, P. & Aufret, J.P. 1982. The superficial sediments of the English Channel and its Western Approach. *Sedimentology*, 19(6):851-864.
- Le Cadre, V. & Debenay, J.P. 2006. Morphological and cytological responses of *Ammonia* (foraminifera) to cooper contamination: Implications for the use of foraminifera as bioindicators of pollution. *Environmental Pollution*, 143:304-317.
- Mahiques, M.M., Furtado, V.V. & Tessler, M.G. 1989. Origin and evolution of isolated depressions on the coastal region of São Paulo and Rio de Janeiro states. In: International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary: past-present-future, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Special publication 1:285-288.
- Marcellino, E.B. 2000. *Sistematização dos projetos de emissários submarinos da SABESP e avaliação de desempenho através do modelo computacional CORMIX*. São Paulo, 272 p. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. London, Longman Scientific & Technical, 397 p.
- Phleger, F.B. & Soutar, A. 1973. Production of benthic foraminifera in the tree east Pacific minima. *Micropaleontology*, 19:110-115.
- Resig, J.M. 1960. Foraminiferal ecology around ocean outfalls of southern California. In: Pearson, P.A. (ed.), *Waste disposal in the marine environment*. Pergamon Press. London, p. 104-121.
- Romano, e., bergamin, l., finoi, m.G., carboni, m.G., ausili, a. & gabellini, m. 2008. Industrial pollution at Bagnoli (Naples, Italy): Benthic foraminifera as a tool in integrated programs of environmental characterization. *Marine Pollution Bulletin*, 56:439-457.
- Schröder, C.J., Scott, D.B. & Medioli, F.S. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? *Journal of Foraminiferal Research*, 4:101-110.
- Scott, D.B., Medioli, F.S. & Schafer, C.T. 2001. *Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators*. Cambridge, Cambridge University Press. 177p.
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: *Journal of Sedimentary Petrology*, 24:151-158.
- Suguio, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São

Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP. 317p.
 Ungemach, H. 1960. *Sedimentchemismus und seine Beziehung zum Stoffhaushalt in 40 europäischen Seen*. Germany. Universitat Kiel. 420 p.
 Walton, W.R. 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. *Contribution of Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 3:56-60.
 Watkins, J.G. 1961. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology*, 7(2):199-206.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastics sediments. *Journal of Geology*, 30(1):377-392.
 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):1-17.
 Zalesny, E.R. 1959. Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, 5(1):101-126.

Anexo 1 - Abundância relativa das espécies de foraminíferos que compõem as tanatocenoses próximo ao emissário submarino de Cigarras.

Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fração analisada	1/2	1/8	1/4	1/4	1/2	1/4	1/2	1/4	1/2	1
Indivíduos/10 cm ³ de sedimento	584	2024	1320	1248	508	1084	600	1128	566	501
Riqueza	30	30	32	32	29	25	30	33	38	34
Diversidade específica (H')	0,31	2,85	2,78	2,64	2,84	2,74	2,65	2,73	0,80	2,42
Equitatividade (J)	0,09	0,84	0,80	0,76	0,84	0,85	0,78	0,78	0,22	0,69
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	1,7	0,8	0,6	1,3	2,8	2,2	1,3	1,8	1,8	2,6
<i>Ammonia tepida</i>	20,2	20,2	25,8	29,2	23,6	20,3	26,7	27,0	26,9	34,9
<i>Ammonia</i> sp.	8,6	7,1	7,0	11,2	8,3	5,9	11,3	3,5	4,9	7,6
<i>Ammonia</i> sp. (juvenil)	12,3	2,8	6,1	6,1	6,7	14,4	11,3	9,6	8,8	10,8
<i>Ammotium salsum</i>	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.
<i>Angulogerina angulosa</i>	0,3	.	0,3	0,3	1,2	.	.	.	.	0,4
<i>Bolivina compacta</i>	.	.	.	1,0	0,4	0,4	.	0,4	2,1	0,8
<i>Bolivina danvillensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.
<i>Bolivina doniezi</i>	.	1,6	0,9	1,6	1,2	1,5	0,7	0,7	.	0,6
<i>Bolivina ordinaria</i>	0,3	1,6	0,9	1,9	0,4	0,4	0,3	0,4	1,1	0,6
<i>Bolivina plicata</i>	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	.
<i>Bolivina pulchella</i>	3,8	4,0	3,9	4,2	4,3	3,3	3,3	3,9	4,6	1,6
<i>Bolivina translucens</i>	0,3	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.
<i>Bolivina</i> sp.	1,7	1,6	0,3	1,9	1,6	1,1	1,7	1,8	1,4	1,6
<i>Brizalina striatula</i>	.	0,8	0,9	1,9	2,4	2,6	1,0	3,2	0,7	1,4
<i>Buccella peruviana</i>	.	.	0,3	0,3	.	.	.	0,4	.	.
<i>Bulimina elongata</i>	.	0,8	0,3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bulimina gibba</i>	.	.	.	.	0,4	.	0,3	.	.	.
<i>Bulimina marginata</i>	3,8	5,9	3,9	3,5	2,4	3,3	4,0	5,0	3,9	1,6
<i>Bulimina pupoides</i>	.	.	.	.	0,4	.	.	.	.	.
<i>Bulimina</i> sp.	.	.	.	0,3	.	.	.	0,4	0,4	.
<i>Buliminella elegantissima</i>	1,0	3,2	3,0	2,6	2,4	3,7	4,0	2,8	2,5	1,4
<i>Cassidulina crassa</i> f. <i>media</i>	2,1	3,6	3,0	2,6	2,8	1,1	1,7	1,4	1,4	0,8
<i>Cassidulina rossensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2
<i>Cibicides variabilis</i>	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cibicides</i> sp.	.	.	.	.	0,4	.	0,3	.	0,4	0,2
<i>Criboelphidium articulatum</i>	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Criboelphidium discoideale</i>	3,8	6,3	1,8	0,3	3,5	1,8	3,0	0,4	1,4	0,8
<i>Criboelphidium excavatum</i>	.	.	3,3	1,3	2,8	2,2	1,0	0,7	1,4	0,8
<i>Criboelphidium gralvestonense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	2,1	6,3	3,3	3,2	3,1	4,4	3,0	2,8	3,2	1,4
<i>Criboelphidium</i> sp. (juvenil)	3,4	2,0	1,2	1,6	2,0	3,3	2,0	1,8	2,1	1,2
<i>Criboelphidium</i> sp.	3,1	1,6	1,5	1,0	1,2	1,1	0,7	1,1	1,4	0,8
<i>Cyclogyra involvens</i>	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.
<i>Discorbis williamsoni</i>	.	0,4	0,9	.	0,8	0,4	.	.	0,7	0,2
<i>Discorbis</i> sp.	.	.	0,3	.	0,4	.	.	.	.	.
<i>Fissurina laevigata</i>	2,1	.	0,6	0,3	0,4	0,4	.	.	.	0,6
<i>Fissuluna</i> sp.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fursenkoina pontoni</i>	0,3	0,4	0,6	.	.	.	.	.	.	0,4
<i>Gaudryina exilis</i>	0,7	.	0,3	.	.	.	.	.	1,4	.
<i>Globigermina bulloides</i>	1,0	.	.	.	.	.	.	.	0,4	0,2
<i>Globulina gibba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.

continua na próxima página

Continuação do Anexo 1.

Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fração analisada	1/2	1/8	1/4	1/4	1/2	1/4	1/2	1/4	1/2	1
Indivíduos/10 cm ³ de sedimento	584	2024	1320	1248	508	1084	600	1128	566	501
Riqueza	30	30	32	32	29	25	30	33	38	34
Diversidade específica (H')	0,31	2,85	2,78	2,64	2,84	2,74	2,65	2,73	0,80	2,42
Equitatividade (J)	0,09	0,84	0,80	0,76	0,84	0,85	0,78	0,78	0,22	0,69
<i>Hopkinsina pacifica</i>	0,3	1,2	0,3	.	.	.	1,0	0,7	0,4	.
<i>Hanzawaia boueana</i>	0,7	1,6	0,6	1,0	1,6	0,7	.	0,7	0,4	.
<i>Haynesina germanica</i>	0,3	0,4	.	.	.	.	0,3	1,1	0,7	0,2
<i>Lagena laevis</i>	.	.	.	.	.	0,4	.	.	0,7	.
<i>Lagena striata</i>	.	.	.	0,3	.	0,7	.	.	.	.
<i>Lagena sulcata</i>	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.
<i>Lenticulina</i> sp.	.	0,4	.	.	.	0,4	.	.	.	.
<i>Lepideteuramina ochracea</i>	.	.	.	0,3	.	.	.	0,4	.	.
<i>Lobatula lobatula</i>	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.
<i>Neocornobina terquemi</i>	0,3	0,4	.	0,3	.	.	.	.	0,4	0,2
<i>Neocornobina</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	8,2	15,4	13,6	14,1	12,2	14,4	8,7	13,8	8,8	11,8
<i>Paratrochamina</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	.
<i>Pseudononion atlanticum</i>	2,1	2,0	2,7	1,3	0,4	1,8	1,3	2,1	2,1	2,0
<i>Pseudononion grateloupi</i>	0,3	0,4	.	.	.	.	.	0,4	0,7	.
<i>Pseudononion opima</i>	.	.	.	.	.	.	.	0,4	1,1	.
<i>Pseudononion</i> sp. (juvenil)	2,1	.	.	0,3	1,2	1,5	.	0,7	.	.
<i>Pseudononion</i> sp.	.	2,8	3,0	0,6	.	.	2,0	0,7	1,1	1,0
<i>Pyrgo rigens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2
<i>Rolshausheni rolshauseni</i>	3,8	0,8	1,2	0,6	2,0	1,5	0,7	1,4	1,8	0,4
<i>Rosalina floridana</i>	.	.	.	.	0,8	.	0,3	.	1,4	.
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2
<i>Quinqueloculina intricata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.
<i>Quinquelocula</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2
<i>Textularia earlandi</i>	0,7	.	.	0,3	.	.	.	0,4	0,4	0,2
<i>Textularia</i> sp.	1,4	0,4	0,6	.	0,4	.	.	1,1	0,4	.
<i>Triloculina oblonga</i>	0,3	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Uvigerina bifurcata</i>	.	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Uvigerina peregrina</i>	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.
<i>Uvigerina riggi</i>	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.
<i>Warrenita palustris</i>	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Jovens Rotaliideos	6,5	2,8	5,8	2,6	5,9	4,8	6,3	6,7	5,7	10,0

Anexo 2 - Abundância relativa das espécies de foraminíferos que compõem as biocenoses próximo ao emissário submarino de Cigarras. (Obs.: Densidade média calculada em relação ao volume de 10 cm³ de sedimento).

Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N cm ³ de sedimento	134/40	117/50	101/30	127/40	99/60	132/40	93/50	137/30	109/40	114/40
Densidade média	34	23	34	32	17	33	19	46	27	29
Riqueza	16	7	15	8	6	14	6	10	4	4
Diversidade específica (H')	1,08	0,61	1,25	0,75	0,5	0,94	0,68	0,84	0,47	0,22
Equitatividade	0,39	0,31	0,46	0,36	0,28	0,36	0,38	0,36	0,34	0,16
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	3,0	.	.	.	1,0	1,5	4,3	3,6	3,7	2,6
<i>Ammonia tepida</i>	77,6	87,2	73,3	82,7	88,9	80,3	83,9	81,8	89,0	95,6
<i>Ammonia</i> sp.	.	.	2,0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ammonia</i> sp. (juvenil)	.	1,7	2,0	.	.	.	.	0,7	.	.
<i>Bolivina</i> cf. <i>sphatula</i>	0,7	.	1,0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bolivina compacta</i>	0,7	0,9	1,0	1,6	.	0,8	.	.	.	.
<i>Bolivina doniezi</i>	.	.	2,0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bolivina ordinaria</i>	0,7	.	2,0	0,8	.	0,8	.	.	.	.
<i>Bolivina</i> sp.	.	.	.	.	.	0,8	.	.	.	.
<i>Brizalina striatula</i>	1,5	2,6	3,0	7,9	1,0	3,8	2,2	4,4	3,7	0,9
<i>Bulimina marginata</i>	0,7	.	.	.	.	.	.	0,7	.	.
<i>Buliminella elegantissima</i>	4,5	4,3	1,0	1,6	5,1	2,3	4,3	2,9	3,7	0,9
<i>Cassidulina crassa</i> f. <i>media</i>	.	.	1,0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Discorbis williamsoni</i>	0,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Criboelphidium excavatum</i>	.	.	.	1,6	.	.	.	.	.	.
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	0,7	.	.	.	.	.	.	0,7	.	.
<i>Criboelphidium</i> sp.	.	.	.	0,8	.	0,8	.	.	.	.
<i>Glandulina</i> sp.	0,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hopkinsina pacifica</i>	.	.	.	.	1,0	.	.	.	.	.
<i>Lagena striata</i>	1,5	1,7	1,0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Neocornobina terquemi</i>	0,7	.	1,0	.	.	0,8	.	.	.	.
<i>Neocornobina</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	2,2	.	5,9	.	3,0	5,3	4,3	2,9	.	.
<i>Poroeponides</i> sp.	.	.	.	.	.	0,8	.	.	.	.
<i>Pseudononion atlanticum</i>	3,0	0,9	1,0	2,4	.	0,8	1,1	0,7	.	.
<i>Pseudononion opima</i>	.	0,9	.	.	.	.	.	0,7	.	.
<i>Rolshausheni rolshauseni</i>	.	.	.	.	.	.	.	0,7	.	.
<i>Rosalina floridana</i>	.	.	1,0	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	.	.	.	.	.	0,8	.	.	.	.
<i>Quinqueloculina</i> sp.	0,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stanphortia concava</i>	.	.	2,0	.	.	.	.	.	.	.
Jovem Rotaliídeo	.	.	.	0,8	.	.	.	.	.	.