

## COMPARAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS DOS CANAIS ESTUARINOS CRUMAÚ E ACARI, NO CANAL DE BERTIOGA, SP.

Patrícia P. B. Eichler<sup>1</sup>; Beatriz B. Eichler<sup>2</sup>; André Rosch Rodrigues<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Laboratório de Ciências Marinhas, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

Rua: Colombo Sales Machado, 84, CEP: 88790-100, Laguna, SC, Brasil

Phone: +55 48 644 2324 e-mail: [eichler@unisul.br](mailto:eichler@unisul.br)

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Praça do Oceanográfico, 191, Cep: 05508-900, Cid Universitária, São Paulo, SP, Brasil

Phone: +55 11 3091-6567 e-mail: [bbeichle@usp.br](mailto:bbeichle@usp.br)

### RESUMO

Para avaliar a saúde ecológica de dois canais estuarinos Crumaú e Acari, foram coletadas amostras de sedimento para a análise de foraminíferos, dos componentes orgânicos (carbono e enxofre) e dados hidrográficos. A maior parte do Canal de Bertioiga e adjacências encontra-se em bom estado de preservação, com exceção do rio Acari, que carrega em suas águas o esgoto de Vicente de Carvalho. O Crumaú não apresenta sinais de degradação. Na comparação realizada entre esses ambientes, o canal Acari, se revelou como sistema degradado apresentando baixa abundância e diversidade de espécies de foraminíferos.

### ABSTRACT

To evaluate the ecological health of Crumaú and Acari estuarine channel, sediment samples were collected for foraminiferal analysis and organic compound percentage (carbon and sulphur), besides hydrographical data. Bertioiga channel is still partially preserved in its natural conditions showing few localized antropic alterations. One of them can be observed in Acari channel. This channel serves as a receptacle of domestic wastes from Vicente de Carvalho. The Crumaú channel does not present degradation signs. Between these two compared sites it was possible to observe that Acari channel is a depredated ecosystem presenting low foraminiferal species abundance and diversity.

Palavras-Chave: foraminíferos, diversidade, saúde ecológica.

### 1. INTRODUÇÃO

Estuários, canais estuarinos e manguezais, regiões de transição entre o mar e o rio, se encontram como um dos ambientes mais produtivos do planeta, onde a dinâmica natural é de fundamental importância para o equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas costeiros. Esses ambientes são altamente variáveis no que tange às condições físico-químicas.

Além destas características, os estuários encontram-se sujeitos às alterações físico-químicas de origem natural ou artificial. As alterações naturais são ocasionadas por chuvas intensas na bacia de drenagem, marés meteorológicas (ressacas) e penetração anômala de massas d'água durante fenômenos ocasionais, como El Niño. As alterações artificiais ou antrópicas são relacionadas principalmente aos produtos das zonas urbanizadas, pois sua proximidade ao oceano é ideal para a instalação de portos, descarga de efluentes domésticos e industriais, além de serem zonas de alta produtividade pesqueira e de lazer.

Cerca de 70% da população mundial localiza-se nas regiões costeiras, e em âmbito nacional, o estado de São Paulo é um dos mais populosos. No litoral paulista, efeitos já estão sendo experimentados, não apenas pela ocupação desordenada, mas também, pelo aporte de efluentes domésticos e industriais lançados na bacia hidrográfica, estuários e manguezais.

Convém, portanto considerar a utilização de um marcador biológico de manejo simples e barato, capaz de sintetizar as características gerais do ambiente, ressaltando as variações ambientais de curtos períodos.

Este marcador deve ser suficientemente sensível para reagir rapidamente às variações do ambiente e aos efeitos da poluição.

Utilizando-se associações de foraminíferos como indicadores, é freqüentemente possível detectar e mapear diferentes características da circulação estuarina e da distribuição de salinidade (Scott et al., 1980). Além disso, a documentada sensibilidade de foraminíferos às condições ambientais sugere que estes organismos fornecem subsídios para se examinar alterações ambientais recentes em áreas costeiras, proveniente tanto de ações naturais como também de ações antrópicas (Williams, 1995).

Os trabalhos relacionados à distribuição dos foraminíferos recentes têm visado a caracterização de ambientes ecologicamente diferentes em função dos aspectos hidrográficos, sedimentológicos, e dos graus de poluição e contaminação. Nesses trabalhos, a estrutura da comunidade de foraminíferos é freqüentemente utilizada como indicador ambiental (Hayward & Hollis, 1994). A estrutura da comunidade apresenta características relacionadas à abundância de indivíduos, composição específica das associações, diversidade e dominância úteis para o reconhecimento de diferentes ambientes. A utilização de foraminíferos como indicadores, por sua vez consiste não só em uma ferramenta prática e eficiente, mas também relativamente barata e de grande potencial na geração de informações sobre a estrutura ambiental.

O presente trabalho versa sobre a distribuição dos foraminíferos e sua resposta à variabilidade dos fatores ambientais em dois canais estuarinos (Crumaú e Acari)

visando a obtenção de um indicador biológico preciso no monitoramento das águas.

Apesar de sua proximidade à cidade de São Paulo, o Canal de Bertioga é carente em informações sobre o estado ecológico de seus ecossistemas. Sabe-se, entretanto, que grande parte desse ecossistema encontra-se em bom estado de preservação, com exceção do rio Acari, que carrega em suas águas o esgoto de Vicente de Carvalho. Tal fato ressalta em si a importância de estudos diagnósticos que subsidiem informações quanto ao seu estado natural frente ao crescente desenvolvimento da região de Bertioga e adjacências.

A presente pesquisa tem como objetivos a caracterização dos canais estuarinos Acari e Crumaú, através da distribuição de foraminíferos, e sua correlação com os parâmetros hidrográficos e sedimentológicos a avaliação da “saúde ecológica” do ambiente. No sentido de se avaliar a “saúde” desses canais foram quantificadas diferenças na estrutura de comunidade, levando em consideração que estes locais estudados são naturalmente estressados, apresentando assim, poucas espécies com alta dominância.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O Canal de Bertioga encontra-se inserido dentro do complexo denominado Baixada Santista que se localiza no litoral sul de São Paulo (Figura 1). Essa região situa-se entre as lat. 23°50'S e 23°58'S e long. 46°07'W e 46°19'W, possuindo área total de 51500 ha, dividida em corpos de água, montanhas, manguezais e áreas urbanizadas Tommasi (1979).

O Canal de Bertioga é considerado como uma conexão secundária do oceano ao complexo estuarino de Santos (Miranda et al., 1998), apresentando duas desembocaduras. A desembocadura norte localiza-se próxima a cidade de Bertioga (Lat. 23° 51'S e Long. 46° 08' W) e a desembocadura sul próxima ao canal de Santos, que deságua na Baía de Santos (Figura 1). Apresenta 25 Km de extensão, constituindo-se num corpo hídrico que em alguns locais atinge 1 Km de largura (Largo do Candinho).

Entre as áreas do continente e a ilha de Santo Amaro, ocorre uma mistura de águas continentais de desembocaduras de rios e águas marinhas, favorecendo a formação de condições estuarinas. O Canal de Bertioga sendo região de baixa energia e zona de mistura entre água salgada e água doce com temperaturas relativamente altas, propicia também o desenvolvimento do manguezal (Tognella, 1995).

Os manguezais devem ser considerados como locais particulares que dependem de um sistema de irrigação misto, marinho e continental, em regime climático tropical a subtropical (Zaninetti et al., 1977). Tais ambientes estão sujeitos às variações dos parâmetros abióticos do ambiente, sendo que as flutuações mais importantes são de salinidade e temperatura, associadas às marés. No Canal de Bertioga, além do ecossistema manguezal, são encontrados também, ambientes como restinga, mata atlântica, restinga, praias, rios e zona estuarina (Soares, 1997).

## 3. METODOLOGIA

As coletas foram realizadas em dois canais estuarinos: canal Crumaú, sem interferência antrópica visível, localizado na porção mediana do canal de Bertioga, e no canal estuarino Acari, localizado na desembocadura sul, o qual recebe, na nascente de suas águas, descarga de esgotos domésticos da cidade de Vicente de Carvalho, município de Guarujá. As amostras coletadas podem ser visualizadas na Figura 1.

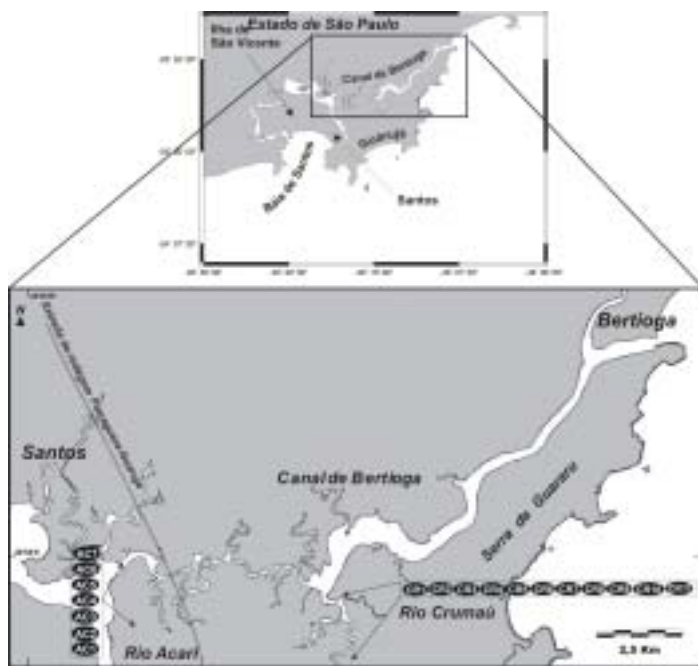


Figura 1: Estações coletadas ao longo dos canais estuarinos Acari e Crumaú.

Foram coletadas 11 amostras ao longo do canal estuarino Crumaú (CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7, CR8, CR9, CR10 e CR11) e 7 amostras ao longo do Acari (AC1, AC2, AC3, AC4, AC5, AC6 e AC7).

Para os dois canais, a amostragem iniciou-se na desembocadura destes canais no Canal de Bertioga, seguindo sentido a nascente até encontrar a salinidade de fundo mais baixa possível (9‰ no Acari e 0‰ no Crumaú).

A partir da matriz de dados biológicos (frequência absoluta de espécies de foraminíferos) foram aplicados as análises univariadas de diversidade de Shannon-Wiener e dominância de Simpson. Na matriz de dados abióticos (carbono, enxofre, profundidade, temperatura e salinidade) foi aplicada a análise de PCA (Análise de Componente Principal).

A amostragem de sedimento foi feita com pegador de fundo tipo Petersen. Do sedimento coletado, foi retirada apenas a camada superior (primeiros centímetros), e colocada em frascos com Rosa de Bengala (1g/1000ml de álcool). A função do Rosa de Bengala é corar o protoplasma dos organismos que estiverem vivos no momento da coleta, e a função do álcool é impedir o ataque bacteriano. O sedimento para determinação da

microfauna de foraminíferos (50cc), foi separado usando-se duas peneiras sucessivas de 0,500mm e 0,062mm e após secagem em estufa, as amostras foram separadas por flotação em tetracloreto de carbono. Após a separação, os foraminíferos foram transferidos para lâminas especiais de fundo preto e identificados.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Dados abióticos

Os dados abióticos (carbono orgânico, enxofre, profundidade das estações, temperatura e salinidade superficial e de fundo) relacionados ao Crumaú e ao Acari podem ser visualizados nas tabela 1 e 2.

Tabela 1: Dados abióticos coletados no Crumaú.

	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10	CR11
Carbono orgânico	1,36	5,22	7,50	5,35	1,21	5,53	6,96	3,01	7,07	6,78	4,9
Enxofre	0,62	7,23	20,48	3,51	0,29	7,42	12,53	2,84	15,38	28,97	12,4
Profundidade	7	6	4,5	7	5	4,5	5,5	4	2	2	3
Temperatura superficial	25,7	24,8	24,9	24,9	24,6	24,7	25	25	25	25	25,3
Temperatura de fundo	25	24,7	24,7	24,6	24,6	24,6	24,4	24,5	24,4	24,6	24,6
Salinidade superficial	19	19	20	14	15	16	10	10	3	0	0
Salinidade fundo	20	21	20	20	18	15	15	14	5	0	12

Tabela 2: Dados abióticos coletados no Acari.

	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	AC6	AC7
Carbono orgânico	0,76	0,28	0,96	2,35	1,45	3,48	5,84
Enxofre	0,11	0,08	0,24	1,28	1,16	1,12	1,09
Profundidade	0,3	0,6	1	2,6	1,1	1,6	1,7
Temperatura superficial	26,4	25,1	25,4	27,9	28,2	24,2	23,3
Temperatura de fundo	26,4	25,1	23,2	23,2	23,1	26,7	22,7
Salinidade superficial	0	4	5	7	14	21	25
Salinidade fundo	9	10	10	19	21	23	26

No canal estuarino Crumaú (tabela 1), a amostra CR3 apresentou maior quantidade de carbono orgânico (7,50), e a CR10 apresentou maiores quantidade de enxofre (28,97) no sedimento. As amostras CR1 e CR5 apresentam as menores quantidades destes compostos.

As profundidades de coleta variam entre 2 a 7 m e as temperaturas entre 24,4 e 25,7. As estações apresentam diferença entre a salinidade de no mínimo 1 e no máximo 6 entre a superfície e o fundo da coluna d'água, demonstrando a estratificação das águas.

A amostra CR7 apresentou a maior diferença entre a salinidade de fundo e superfície. A amostra CR10 foi coletada em 0 de salinidade, sendo considerada, portanto, água doce. As mais altas salinidades de fundo foram encontradas nas amostras CR1, CR2, CR3 e CR4 (21 e 20).

Na tabela 2 podemos observar os dados hidrográficos e dados dos constituintes orgânicos coletados no canal estuarino Acari. As maiores porcentagens de carbono orgânico foram encontradas na amostra AC7, situada mais próxima a desembocadura deste canal estuarino. Os valores mais altos de enxofre foram encontrados na amostra AC4, situada na parte interna do canal estuarino. A salinidade superficial das amostras coletadas neste canal estuarino variaram entre 0 e 25 e as salinidades de fundo variaram entre 9 e 26.

##### 4.2. Parâmetros biológicos

As análises univariadas: número de espécies, de indivíduos, diversidade e dominância para as amostras coletadas no canal estuarino Acari e Crumaú podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3: Dados ecológicos relacionados aos canais Crumaú e Acari.

Estações	N. espécies	N. indivíduos	Diversidade	Dominância
CR1	12	112	2,341084011	0,10682398
CR2	9	81	1,654906877	0,285779607
CR3	6	27	1,355855731	0,338820302
CR4	8	144	1,639274627	0,254918981
CR5	8	144	1,639274627	0,254918981
CR6	16	268	1,874707563	0,248384941
CR7	22	136	2,360956654	0,162737889
CR8	11	78	1,703652782	0,290927022
CR9	5	45	1,14736045	0,382716049
CR10	3	31	0,733664869	0,544224766
CR11	5	181	1,265899512	0,30228015
AC1	5	23	1,248048703	0,353497164
AC2	5	18	1,050665277	0,481481481
AC3	4	13	1,197237502	0,360946746
AC4	6	21	1,700178138	0,192743764
AC5	5	80	1,251859894	0,3175
AC6	4	16	0,950748927	0,5078125
AC7	10	59	1,82092014	0,223786268

Observa-se que o número de espécies e de indivíduos é mais alto no canal Crumaú (CR) do que no canal Acari (AC). Para melhor visualização dos padrões relacionados aos dados de diversidade e dominância foi confeccionada a figura 2.

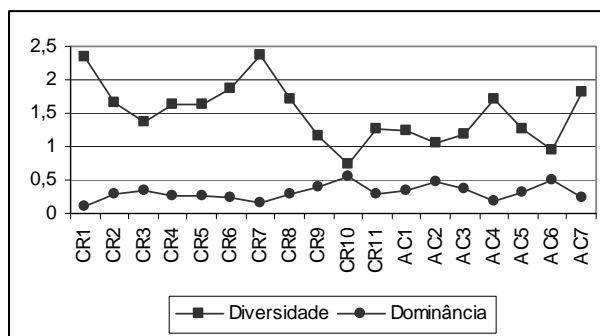


Figura 2: Padrão de diversidade e dominância relacionado aos canais Crumaú e Acari.

A diversidade apresenta-se mais baixa no canal Acari, apesar da proximidade deste canal à desembocadura sul do canal de Bertioga, onde há presença de águas mais salinas. Além disso, o canal Acari apresenta salinidades mais altas se comparado ao Crumaú (tabelas 1 e 2) e, portanto a diversidade baixa encontrada no Acari é característica de ambiente profundamente estressado. Com relação às análises multivariadas o resultado do PCA pode ser visualizado na figura 3.

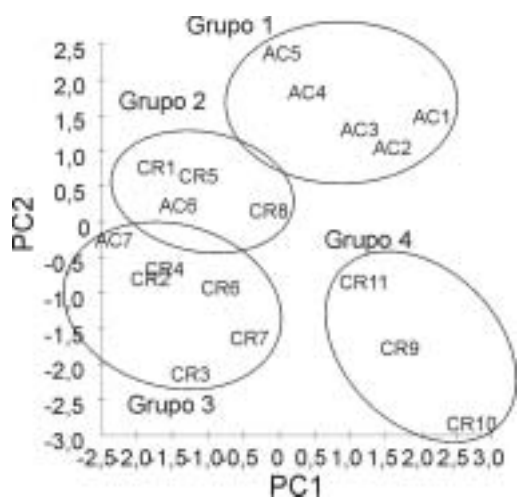


Figura 3: Análise de PCA nos dados abióticos.

A análise de PCA nos dados abióticos revelou que a porcentagem de variação explicada pelos dois componentes principais é de 64,9%. De acordo com a figura 3 e a tabela 4, observa-se a formação dos Grupos 1, 2, 3 e 4.

Grupo 1: formado pelas estações AC1, AC2, AC3, AC4 e AC5, apresenta alta temperatura superficial e apresentam as espécies *Arenoparella mexicana*, *Haplophragoides wilberti* e *Trochammina inflata*.

O grupo 2: formado pelos grupos CR1, CR5, CR8 e AC6, apresenta salinidade de fundo entre 14 e 23. Apresenta *Ammonia tepida* como espécie dominante.

O grupo 3 é formado pelos grupos CR2, CR3, CR4, CR6, CR7 e AC7, apresenta alta porcentagem de carbono orgânico, alta profundidade e salinidade superficial entre 10 e 25. Esse grupo apresenta como espécies dominante o *Elphidium ssp.*

O grupo 4 é formado pelas estações CR9, CR10 e CR11 e são agrupados devido a alta porcentagem de enxofre e alta temperatura de fundo. Apresenta como espécies dominantes *Arenoparella mexicana*, *Haplophragoides wilberti* e *Trochammina inflata*.

Tabela 4: Coeficiente de combinação linear das variáveis estudadas.

Variáveis	PC1	PC2
Carbono orgânico	-0,097	-0,623
Enxofre	0,218	-0,592
Profundidade	-0,398	-0,236
Temperatura superficial	0,240	0,398
Temperatura de fundo	0,067	-0,084
Salinidade superficial	-0,615	-0,005
Salinidade fundo	-0,587	0,200

## 5. DISCUSSÃO

De uma maneira geral, os canais Crumaú e Acari apresentam estratificação de suas águas e gradiente de salinidade que vai diminuindo em direção à nascente dos

mesmos. As amostras mais próximas ao canal também apresentam picos de ocorrência de organismos característicos de ambientes mixohalinos, e as mais afastadas, mais próximas a nascente do canal apresentam organismos de ambientes salobros.

Embora para esses canais, o fator limitante para o desenvolvimento da fauna calcária seja a baixa salinidade e o alto teor de carbono orgânico devido ao ambiente químico incompatível com a biosíntese de carapaças calcárias, foram observadas algumas diferenças relacionadas à frequência de espécies de foraminíferos de cada local.

A baixa frequência absoluta e diversidade de espécies de foraminíferos ocorrentes no canal estuarino Acari é uma das características relacionadas à poluição desse local. Apesar da pouca ocorrência de *A. tepida* e *Elphidium spp.* nas estações AC5, AC6 e AC7, que indicam a influência das águas mais salinas provenientes da desembocadura sul do Canal de Bertioga, verificamos que as espécies hialinas ocorrem em menor frequência se comparado ao Crumaú.

A frequência absoluta e diversidade dos foraminíferos mostraram eficiência na comparação de ambientes, sendo, portanto, utilizadas como indicadoras da situação alterada no canal estuarino Acari, em consequência das atividades antropogênicas contaminadoras (descargas domésticas provenientes de Vicente de Carvalho, município de Guarujá).

Com relação a eutrofização ambiental, observamos que os canais estuarinos Acari e Crumaú são enriquecidos por matéria orgânica. Entretanto, na comparação realizada entre esses ambientes, apenas o canal Acari, se revelou como sistema altamente eutrofizado apresentando baixa abundância e diversidade de espécies de foraminíferos.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio referente ao Proc: 96/4191-8, e ao Interamerican Insitute (IAI) e South Atlantic Climate Change, através do projeto: SACC/CRN-061

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLTOVSKOY, E. GIUSSANI, G.; WATANABE, S. & WRIGHT, R. 1980. Atlas of benthic shelf foraminifera of southwest Atlantic. Junk. The Hague. 147p.
- HAYWARD, B.W. & HOLLIS, C.J., 1994. Brackish foraminifera in New Zealand: a taxonomic and ecologic review. *Micropaleontology*, 40: 185-222
- MIRANDA, L.B., CASTRO, B.M. & KJERRFVE, B. 1998. Circulation and mixing due to Tidal forcing in the Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. *Estuaries*, vol. 21 (2): 204-214.
- SOARES, M.L.G. 1997. Estudo da massa aérea de manguezais do sudeste do Brasil-Análise de modelos. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. Vol.1. 294pp.
- TOGNELLA, M.M.P. 1995. Valoração econômica: estudo de caso para o ecossistema manguezal-Bertioga e Cananéia, estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da USP. 160p.

- TOMMASI, L.R. 1979. Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP). Tese de Livre-Docência. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. Vol.1. 248p.
- WILLIAMS, H.F.L. 1995. Foraminiferal record of recent environmental change: Mad Island Lake, Texas. *Journal of Foraminiferal Research*, 25 2: 167-179.
- ZANINETTI, L.; BRONNIMANN, P.; BEURLEN, G. & MOURA, J.A. 1977. La mangrove de Guaratiba et la Baía de Sepetiba, état de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et écologie. Note préliminaire. *Compte rendu des séances, P.S. Histoire Naturelle, Genève*, vol. 11, n 1-3, p 39-44.