

ARIEL SCHEFFER DA SILVA



**ESTRUTURA E DINÂMICA DE COMUNIDADES EPILÍTICAS DE HABITATS
ARTIFICIAIS E SUAS RELAÇÕES COM OS FATORES AMBIENTAIS NA
PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas - Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini

**CURITIBA
2001**

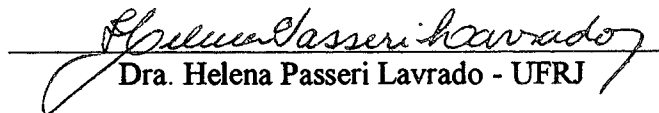
por

Ariel Scheffer da Silva

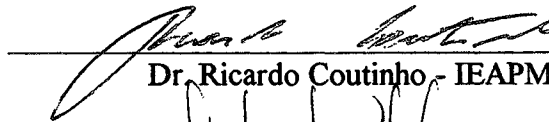
Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências, área de concentração Zoologia no Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores



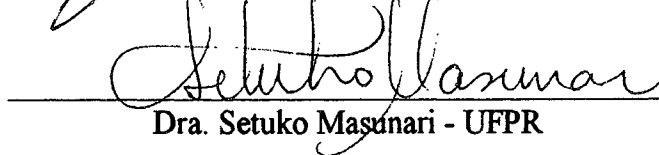
Dr. Frederico Pereira Brandini - UFPR



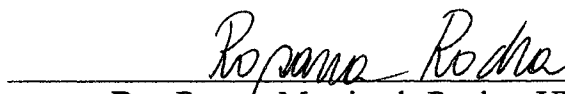
Dra. Helena Passeri Lavrado - UFRJ



Dr. Ricardo Coutinho - IEAPM



Dra. Setuko Masunari - UFPR



Dra. Rosana Moreira da Rocha - UFPR

ARIEL SCHEFFER DA SILVA

**ESTRUTURA E DINÂMICA DE COMUNIDADES EPILÍTICAS DE HABITATS
ARTIFICIAIS E SUAS RELAÇÕES COM OS FATORES AMBIENTAIS NA
PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas - Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini

**CURITIBA
2001**

BC/MUFPR
DOAÇÃO: DO AUTOR
R\$ 15,00
...26/08.2002

PRO0036396-9

BC/MUFPR - MEMORIA da UNIVERSIDADE F. DO PARANA
AUTOR
R\$ 15.00 - Doacao
Termo No. 402/02 Registro:333,270
30/08/2002

UFPR: Sistema de Bibliotecas

Com carinho, aos meus pais, Anízio e Lygia,
aos meus filhos, Luquinhas e Tiaguinho
e à Lua.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, ao Dr. Frederico Brandini, o Fred, que mais do que um orientador se tornou um amigo e participou com dedicação e simpatia de todos os momentos da minha passagem acadêmica pelo Departamento de Zoologia e pelo CEM. Agradeço também, por toda a confiança em mim depositada e pela liberdade, permitindo meu envolvimento em todos os aspectos do projeto RAM. O sucesso do projeto RAM, junto à comunidade litorânea, apesar de todas as dificuldades logísticas e operacionais é um reflexo do seu estilo confiante e empreendedor. Estas oportunidades e a convivência foram grandes experiências profissional e pessoal para mim.

Agradeço ao apoio financeiro e logístico que o Departamento de Zoologia forneceu ao longo dos anos deste trabalho. Em especial aos coordenadores Walter Boëger, Rosana M.da Rocha e Setuko Masunari, pelo apoio e incentivo.

Ao Centro de Estudos do Mar pela logística, especialmente para os funcionários deste centro, Lalá, Vilma e Salete pelo atendimento 5 estrelas nos trâmites administrativos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e ao programa PADCT/CIAMB agradeço pelas bolsas de doutoramento e de desenvolvimento regional.

À Marinha do Brasil que através da Capitania dos Portos do Paraná, cedeu as embarcações para os cruzeiros oceanográficos e para a instalação dos recifes artificiais. Em especial ao Sargento Inaldo, pela navegação segura e empenho em terminar todas as estações oceanográficas, mesmo em condições adversas.

À Votoran do Brasil SA. e Fundação LACTEC, em especial ao Clair Ceron e Kleber Portella, pelo apoio técnico, doações de cimento e equipamentos de construção de recifes experimentais.

Ao Instituto ECOPLAN, por todo o apoio logístico e financeiro para as operações de campo e desenvolvimento acadêmico. À você Fabiano, pelo reconhecido esforço e apoio para viabilizar várias saídas nas coletas e pela energia gasta carregando os 30 kg de painéis amostrais em baixo d'água.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram necessárias inúmeras identificações de espécies e sempre fui prontamente atendido por todos. Sou grato à Tatiana e à Rosana Moreira da Rocha, pelo trabalho com as ascídias, à Maria Angélica Haddad com os hidróides e briozoários, Terezinha Absher pelos moluscos, à Cibele pela ajuda com os foraminíferas, e à Madalena Shirata da PUC-Pr, pela identificação das algas. Ao Prof. Frank Maturo da Universidade da Flórida pelo auxílio com briozoários e esponjas, e ao Dr. W. Lindberg por ter me acolhido na Universidade da Flórida e pelos conselhos em relação à tese.

Aos companheiros de mergulho, Borzone, Luciano Lorenzi, e principalmente ao amigo, até debaixo d'água, o Edu (Teixeira da Silva), por participar com energia de todas as campanhas de coleta.

Guy Martel, apesar da distância e da diferença de temperatura, não esqueci de toda a ajuda, tanto nos mergulhos (sofridos), na doação de uma vasta bibliografia, quanto nas ricas discussões sobre ecologia bêntica, obrigado.

Ao João Carlos Carrilho, por toda a ajuda com o GPS, localização dos recifes e madrugadas trabalhando ao meu dispor.

Aos meus pais e irmãs pelo apoio em todos os momentos difíceis, pela atenção e carinho e pelas inúmeras horas de baby-sitting. Adi, os desenhos ficaram lindos, obrigado.

E finalmente à minha amada turminha, Lua, Tiago e Lucas, pelas horas de ausência e, em decorrência, aos transtornos aturados com muita paciência e carinho. Para vocês meu amor, carinho e reconhecimento.

SUMÁRIO

TERMO DE APROVAÇÃO	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	v
RESUMO GERAL	vii
ABSTRACT	ix
PREFÁCIO	1
1 CAPÍTULO I - COMPORTAMENTO HIDROGRÁFICO DA PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANA	8
1.1 INTRODUÇÃO	8
1.2 ÁREA DE ESTUDO	9
1.3 MATERIAL E MÉTODOS	10
1.4 RESULTADOS	12
1.5 DISCUSSÃO	20
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
2 CAPÍTULO II -COMUNIDADES EPILÍTICAS DE HABITATS ARTIFICIAIS EM DIFERENTES CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS EM ÁGUAS COSTEIRAS E NA PLATAFORMA MÉDIA DA COSTA DO ESTADO DO PARANÁ - SUL DO BRASIL	27
2.1 INTRODUÇÃO	27
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.2.1 Construção e Instalação dos Habitats Artificiais	29
2.2.2 Parâmetros Hidrográficos	30
2.2.3 Amostragem da Comunidade	33
2.3 RESULTADOS	36
2.3.1 Hidrografia.....	36
2.3.2 Comunidade Epilítica.....	42
2.4 DISCUSSÃO	48
2.4.1 Hidrografia.....	48
2.4.2 Comunidade Epilítica.....	50
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

3	CAPÍTULO III - ESTRUTURA E DINÂMICA TEMPORAL DE COMUNIDADES EPILÍTICAS DO INFRALITORAL DA PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ	59
3.1	INTRODUÇÃO	59
3.2	ÁREA DE ESTUDO	62
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	65
3.3.1	Estrutura Experimental e Logística	65
3.3.2	Amostragem de Campo	67
3.3.3	Análises de Laboratório	69
3.4	RESULTADOS	73
3.4.1	Parâmetros Ambientais	73
3.4.2	Composição Taxonômica dos Painéis Experimentais	75
3.4.3	Abundâncias	79
3.4.4	Riqueza de espécies	88
3.4.5	Diversidade	90
3.4.6	Similaridade	92
3.4.7	A comunidade de Substratos Naturais	96
3.5	DISCUSSÃO	99
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
3.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
3.8	ANEXOS	116
4	CAPÍTULO IV - PADRÕES SAZONAIS NO RECRUTAMENTO DA COMUNIDADE EPILÍTICA EM SUBSTRATOS ARTIFICIAIS DO INFRALITORAL DA PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ	136
4.1	INTRODUÇÃO	136
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	139
4.2.1	Confecção do Substrato Artificial	139
4.2.2	Amostragem	140
4.2.3	Análise de Dados	143
4.3	RESULTADOS	144
4.3.1	Parâmetros Ambientais	144
4.3.2	Recrutamento	146
4.4	DISCUSSÃO	155
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
5.	CONCLUSÕES.....	167

RESUMO

As águas quentes e oligotróficas da costa sudeste do Brasil formam uma estrutura hidrográfica estratificada com pouca circulação vertical. A produtividade orgânica na coluna de água é baixa e conseqüentemente a pesca é uma atividade econômica pouco representativa. O assoalho da plataforma continental é formado, em sua maioria, por sedimento arenoso e lodoso, pouco estável para a fixação e crescimento algal, apesar das condições adequadas de luz até 40 metros e das intrusões sazonais de águas frias e nutricionalmente ricas da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O aumento de substratos consolidados, restritos às regiões costeiras e às ilhas oceânicas, como habitats apropriados à fixação, desenvolvimento e proteção dos organismos marinhos, associado às condições hidrográficas no fundo ao nível da ACAS, podem ter reflexos positivos na produtividade de comunidades bêmicas. Estudos descritivos ou experimentais da fauna epilítica na área de plataforma são raros, e ainda não foram estudadas as comunidades ao longo de gradientes batimétricos da plataforma rasa. O objetivo geral deste trabalho é estudar a variação sazonal do padrão de circulação de massas d'água da plataforma costeira paranaense (drenagem continental, Água Tropical e Água Central do Atlântico Sul) e sua influência sobre a estrutura das comunidades macrobêmicas de substratos consolidados artificiais, como subsídio ao uso de recifes artificiais. Foram usados métodos destrutivos (coleta de painéis) e não destrutivos (fotografia sub-aquática) de coleta de macrobentos e cruzeiros, durante 22 meses consecutivos, para caracterização oceanográfica, ao longo de uma transecção costa-oceano, onde foram instalados recifes artificiais. As características hidrográficas na plataforma rasa do Estado do Paraná, variaram entre

padrões sazonais bem definidos, com gradientes físico-químicos relacionados ao regime hidrográfico. Os ventos têm papel fundamental na hidrografia do setor externo e a pluviosidade, na área costeira. A análise dos dados indica a setorização hidrográfica da área de estudo. Foram observados padrões distintos de colonização da comunidade epilítica em recifes artificiais ao longo de um transecto costa-oceano, associados às condições hidrográficas. As espécies dominantes nas áreas costeiras (10 m de profundidade) foram *Chthamalus bicus*, um didemnídeo não identificado, *Ostrea puelchana* e uma esponja não identificada. Nas áreas intermediárias (20 m), com maior biodiversidade, esponjas e antozoários, principalmente *Astrangia rathbuni* foram dominantes. Nas áreas externas, mais profundas (30 m) *Balanus spongicola*, esponjas e briozoários dominaram. Três fases distintas foram observadas no processo de sucessão da comunidade epilítica: inicial de ocupação, estruturação e estabilização. Em fase adiantada de colonização, percebe-se a estrutura tridimensional e complexa da comunidade, com pelo menos três camadas bem definidas. A *Ostrea puelchana* foi dominante na camada basal, enquanto que *Didemnum granulatum* e *Didemnum rodriguesi* dominaram a segunda camada. Na camada superior os padrões de dominância não foram significativos. Padrões sazonais de recrutamento foram bem definidos nos grupos dominantes (bivalves, ascídias, poríferos) com picos na primavera e verão. Padrões irregulares, sem época definida de recrutamento foram observados nos demais grupos. Os resultados deste estudo são inéditos e podem servir de base para novos trabalhos neste gradiente batimétrico. De um ponto de vista aplicado, estes resultados sugerem a seleção de áreas e épocas para o desenvolvimento de programas de habitats artificiais visando o gerenciamento dos recursos biológicos da plataforma rasa do Estado do Paraná.

ABSTRACT

The Brazilian southern coast is dominated by warm oligotrophic waters, forming a hydrographic structure vertically stratified, with low vertical circulation. The reduced organic productivity in the water column and the limited fisheries stocks, make the fishing production not economically representative when compared with upwelling areas or temperate coasts. Moreover, the bottom of the continental shelf in the Brazilian southern region is mostly composed by sandy sediments, not feasible for algal growth, despite good light conditions until 40 meters deep and cold and rich waters from the South Atlantic Central Water (SACW). Hard bottom habitats, which are shelter, feeding and reproduction grounds for many benthic invertebrates and fish, are restricted to shallow coastal regions and oceanic islands. The increase of hard bottom habitats feasible for attachment, development and protection of marine life in such areas, added to the SACW, can have positive effects on benthic productivity. Despite of the biological potential of costal areas, there is a lack of experimental and descriptive studies on epilithic fauna in the coastal shelf of this region. The main objective of this study is to identify seasonal patterns in the coastal shelf water masses circulation of Paraná State (continental drainage, Tropical Water, and SACW), and their influence on the macrobenthic community structure of artificial substrates, in order to subsidize artificial habitat programs. Destructive and non destructive methods were applied for macrobenthic fauna data collection, as well as, 22 monthly hydrographic cruises were conducted for oceanographic characterization, along a cross-shelf transect, where artificial reefs were installed. The results show that well defined seasonal

hydrographic patterns exist, related to physical chemical gradients. Winds have a fundamental role in the hydrography of the external sector of the shelf, and, the rain regime, in the coastal area. Data analysis indicates a sectorization of the study area. In the artificial reefs installed along the transect, distinct patterns of epilithic colonization were observed, associated to different hydrographic conditions. In the shallow areas (10 meters), *Chthamalus bicus*, a not identified didemnid, *Ostrea puelchana* and a not identified sponge, were the dominant species. In the middle shelf waters (20 meters), sponges and anthozoans, mainly *Astrangia rathbuni* were dominant. This was the site with higher diversity and abundance of organisms. In the external and deeper area (30 meters), *Balanus spongicola*, sponges and bryozoans dominated. Seasonal patterns of epibenthic recruitment were well defined for dominant groups such as bivalves, ascidians and porifera, with peaks in the spring and summer. Irregular patterns, without defined recruitment season, were observed for the other groups identified. Three main defined stages were observed during the succession process of the epilithic community: initial occupation, structuring and stabilization. In a more developed colonization stage, a three dimensional structure was detected, with at least three layers. *Ostrea puelchana* was dominant in the basal layer, while *Didemnum granulatum* and *Didemnum rodriguesi* dominated the second layer. In the upper layer the dominance patterns were not significant. The results of this study suggest that suitable areas and seasons for development of artificial habitat programs should be considered for the management of living resources of the coastal shelf of Paraná State.

PREFÁCIO

Na última década, estudos em ecologia marinha têm fornecido importantes subsídios sobre o funcionamento e os fatores que afetam as comunidades bênticas, desde ecossistemas coralinos até as fontes hidrotermais na zona abissal. Ao mesmo tempo, inúmeras atividades humanas vêm causando forte impacto sobre a saúde e integridade dos ecossistemas costeiros. Introduções de espécies exóticas, destruição de habitats, poluição e maricultura são alguns exemplos. Os efeitos dessas atividades são visíveis nos habitats marinhos da zona entremarés, entretanto, a zona do infralitoral rochoso mais profundo ainda é pouco conhecida e a estabilidade de sua comunidade foi pouco avaliada diante de todas essas perturbações, apesar de sua importância na biodiversidade marinha e nos recursos pesqueiros que ela ajuda a sustentar. Isto se deve ao fato do acesso restrito a estes ambientes e às dificuldades metodológicas destes estudos. Desta forma, a maioria dos trabalhos sobre o infralitoral são descritivos e os padrões da variação temporal da estrutura destas comunidades são desconhecidos em várias partes do mundo (Witman & Dayton, 2001).

De forma geral, as comunidades epilíticas dos setores mais profundos do infralitoral e no circalitoral, compostas principalmente por invertebrados sésseis que se alimentam por suspensão (Hisock & Mitchell, 1980), sofrem menos os efeitos das ondas e correntes e estão livres dos estresses físicos da zona entremarés (p.ex., dessecação). No entanto, são afetadas pela sedimentação constante e estratificação térmica (Baynes & Szmant, 1989).

Além disso, predação, competição e recrutamento tendem a exercer papéis mais importantes na estruturação destas comunidades (Miller & Falace, 2000; Witman & Dayton, 2001).

Portanto, a estrutura e a dinâmica temporal de populações adultas, quantitativamente diferentes, estão associadas a fatores sinecológicos, padrões temporais de disponibilidade larval e ao sucesso no recrutamento (Sutherland, 1974; Sutherland & Karlson, 1977; Sebens *et al.* 1988; Menge, 1992; Law & Morton, 1993; Smith, 1999; Witman & Dayton, 2001)

Os estudos ecológicos do infralitoral rochoso estão tipicamente restritos às áreas mais rasas, e raramente incluem uma coleção abrangente da biota, limitando as informações sobre a diversidade de padrões relacionados com a profundidade. No caso das comunidades epilíticas do infralitoral da plataforma rasa do Estado do Paraná existe uma falta generalizada de informações. A composição específica destas comunidades não é conhecida, e os fatores que regulam a estrutura e dinâmica temporal das mesmas ainda não foram avaliados nem em áreas rasas nem nas porções mais profundas da costa.

A mistura de águas costeiras, águas tropicais da Corrente do Brasil e águas mais profundas da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que freqüentemente penetra em direção à costa junto ao fundo, provoca a formação de fortes gradientes sazonais costa-oceano, dos parâmetros ambientais. Assim, os habitats pelágicos e bênticos são afetados por diferentes massas d'água com variações marcantes em parâmetros ambientais. Pouco se sabe sobre o efeito desse padrão hidrográfico nas comunidades epilíticas.

Substratos consolidados, como ilhas costeiras, costões rochosos, lajes submersas, fundos calcários e recifes naturais são escassos no Estado do Paraná. Os poucos pontos rochosos da plataforma rasa suportam alta diversidade de invertebrados bênticos e peixes demersais e pelágicos, quando comparados com áreas rochosas adjacentes ao continente. Muitas das espécies que se concentram nestes habitats têm valor socioeconômico e são exploradas para subsistência ou comercialmente por pescadores locais. Por outro lado, os extensos fundos arenosos desta área costeira são intensamente explorados pela indústria da pesca de arrasto, fazendo com que a produção pesqueira diminua continuamente nos últimos anos (Valentini *et al.*, 1991; Haimovici, 1998).

Habitats artificiais, comumente conhecidos como recifes artificiais são estruturas rígidas de grande porte, normalmente constituídos de concreto, carcaças de navio, plataformas de petróleo desativadas e pneus que, quando submersas propositalmente ou por acidente no meio aquático marinho, servem de substrato para o desenvolvimento da fauna e flora algal, típicas dos ambientes rochosos. Estas estruturas vêm sendo utilizadas para recuperar e aumentar a diversidade biológica em regiões costeiras impactadas pela ação antropogênica (McIntosh, 1981; Russ, 1984; Hueckell *et al.*, 1989; Moreno *et al.*, 1994) e para incrementar a biomassa pesqueira (Lindberg, 1996).

Porém, são poucos os estudos que avaliam o desempenho destas estruturas em relação ao desenvolvimento de comunidades epilíticas. Estas comunidades constituem recursos tróficos basais nos sistemas recifais e, muitas vezes, determinam o sucesso dos habitats artificiais como estruturas de incremento de biomassa pesqueira (Miller & Falace, 2000). Além disso, a recente tendência do uso

de recifes artificiais para a conservação da diversidade biológica, carece das informações ecológicas básicas (Seaman, 1996). Neste contexto, surgiu o interesse em desenvolver um estudo que contemplasse o entendimento de alguns processos ecológicos das comunidades sésseis do infralitoral com o uso de habitats artificiais avaliando o desempenho biológico destas estruturas, em relação à produtividade primária e secundária e à similaridade com habitats naturais, para fins de gerenciamento costeiro e conservação da biodiversidade.

O Capítulo I analisa o regime hidrográfico da plataforma rasa paranaense numa área representando um gradiente ambiental de modo a conhecer com mais detalhe as características do habitat no âmbito do qual comunidades marinhas costeiras se desenvolvem. O Capítulo II avalia o desempenho de habitats artificiais de maior porte no desenvolvimento de comunidades epilíticas sésseis ao longo de um gradiente ambiental em um transecto costa-oceano representativo da plataforma rasa do Paraná. O terceiro Capítulo descreve o desenvolvimento temporal de comunidades epilíticas em substrato artificial considerando a estrutura tridimensional e complexa dessa comunidade. Finalmente, o Capítulo IV apresenta uma descrição dos padrões sazonais do recrutamento de espécies epilíticas sésseis, utilizando substratos artificiais, em relação aos parâmetros ambientais. Visa subsidiar o entendimento da estrutura das comunidades bênticas de habitats artificiais utilizados no gerenciamento da diversidade biológica e das comunidades do infralitoral consolidado natural da plataforma rasa do Estado do Paraná.

Por este trabalho abranger uma área pouco estudada, envolvendo a descrição de comunidades epilíticas ao longo de um gradiente batimétrico, além dos padrões de recrutamento e processos de colonização de substratos experimentais,

poderá contribuir significativamente para o melhor entendimento destas comunidades e gerar informações científicas necessárias para a implantação de sistemas de recifes artificiais em grande escala, visando a conservação dos recursos biológicos na plataforma continental do Estado do Paraná.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYNES, T.W.; A.M. SZMANT. 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of na artificial reef. **Bull. Mar. Sci.** 44 (2): 545-566.
- HAIMOVICI, M. 1998. Present state and perspectives for southern Brazil shelf demersal fisheries. **Fisheries Management and Ecology** 5: 277-289.
- HISOCK, K; MITCHELL, R. 1980. The description and classification of sublitoral epibenthic ecosystems. In: PRICE, J.H.; D.E.G. IRVINE; W.F. FARNHAM (Eds.). **The shore environment. London: Academic Press.** vol. 2. p 323-370.
- HUECKEL, G.J.; BUCKLEY, R.M.; BENSON, B.L. 1989. Mitigating rocky habitat loss using artificial reefs. **Bull. Mar. Sci.** 44 (2):913-922.
- LAW R.; MORTON R.D. 1993. Alternative permanent states of ecological communities. **Ecology** 74:1347-1361.
- LINDBERG, W.J. 1996. **Fundamental design parameters for artificial reefs: Interaction of patch reef spacing and size.** Final Project Report - Grant C-6729. The Office of Fisheries management and Assistance Services, Division of Marine Resources, Florida Department of Environmental Protection.
- MCINTOSH, G.S. 1981. **A concept for artificial reefs as fishery management tools in the United States.** Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, vol.1:99-103.
- MENGE, B.A. 1992. Community regulation: under what conditions are bottom-up factors important on rock shore? **Ecology** 73: 755-765.
- MILLER, M.W.; FALACE A. 2000. Evaluation methods for trophic resource factors - nutrients, and associated assemblages. In: SEAMAN JR., W. (Ed.). **Artificial reef evaluation With application to natural marine habitats.** p. 95-126.
- MORENO, I.; K. ROCA; O. OÑONES; J. COLL; M. SALAMANKA. 1994. Artificial reef program in Balearic Waters (Western Mediterranean). **Bull. Mar. Sci.** 55: 667-671.
- RUSS, G.R. 1984. Effects of protective management on coral reef fishes in the Phillipines. **ICLARM Newsletter**, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, october 12 -13.
- SEAMAN, W.JR. 1996. Does the level of design influence success of an artificial reef. In: JENSEN, A.C. (Ed.). **European Artificial Reef Research.** Proceedings of the First EARRN Conference, Ancona, Italy, march. p. 359.

- SEBENS, K.P.; J.D. WITMAN; R. ALLMON; E.J. MANEY. 1988. Early community development experiments in rocky subtidal habitats (Gulf of Maine, 30 - 80 m). In: BABB, I.; DE LUCA (Eds.). **Benthic Productivity and Marine Resources of the Gulf of Maine**. Research Report, National Undersea Research Program. p.45-66.
- SMITH, F. 1999. **Subtidal landscapes of a New Zealand fjord: Patterns of species diversity, community structure and recruitment processes**. New Zealand. PhD Thesis - University of Otago. 179 pp.
- SUTHERLAND, J.P. 1974. Multiple stable points in natural communities. **Amer. Nat.** 108: 859-873.
- SUTHERLAND, P.J.; KARLSON, R.H. 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. **Ecol. Monogr.** 47: 425-446.
- VALENTINI, H.; D'INCAO, F; L.F. RODRIGUES; J.E. REBELO NETO; E. RAHN. 1991. Análise da pesca do camarão rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) nas regiões sudeste e sul do Brasil. **Atlântica** 13(1): 143-158.
- WITMAN, J.D.; P.K. DAYTON. 2001. Rocky subtidal communities. In: BERTNESS, M.D.; S.D. Gaines; M.E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology**. Massachusetts: Sunderland. p. 339-361.

CAPÍTULO I

COMPORTAMENTO HIDROGRÁFICO DA PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ

1.1 INTRODUÇÃO

As características hidrográficas da Plataforma Continental do Estado do Paraná têm sido descritas em estudos oceanográficos de ampla distribuição geográfica na Região Sudeste-Sul do Brasil (Miranda, 1982; Brandini, 1986, 1990; Brandini *et al.*, 1989; Matsuura 1986; Castro Filho & Miranda, 1998). Entretanto, apesar da abrangência geográfica, a maioria desses trabalhos concentram-se em períodos sazonais definidos e dão poucos detalhes sobre a variação temporal das características ambientais da plataforma rasa (<50 metros). Nos setores mais próximos à costa, a variabilidade ambiental é ampla em relação aos setores externos, hidrograficamente mais homogêneos. A drenagem continental associada ao regime climático, a turbulência gerada pelas ondas, as correntes de maré e a circulação costeira em geral, são processos que afetam diretamente os habitats bênticos costeiros e o ciclo de vida de suas comunidades. Em contraste, a maioria dos estudos sobre ecossistemas marinhos concentram-se na zona costeira justamente onde a carência de informações hidrográficas é maior.

Os habitats marinhos da porção mais rasa da plataforma paranaense são basicamente banhados pela Água de Plataforma (*sensu*, Emilsson, 1959)

diretamente influenciada pelo aporte continental e, em determinados períodos, pelas intrusões da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990). Trabalhos recentes analisaram a dinâmica sazonal do regime hidrográfico nos setores rasos da plataforma paranaense, definindo padrões sazonais bem distintos entre setembro e abril (verão-outono) e entre maio e agosto (inverno) (Pezzuto *et al.*, 1998). Esses estudos são relevantes quando se pretende analisar a estrutura e a dinâmica das comunidades biológicas nos habitats costeiros. Principalmente quando se leva em conta os hábitos e o ciclo de vida dos organismos marinhos. Larvas meroplancônicas são agentes de dispersão dependentes da circulação e sensíveis às variações hidrográficas na coluna de água.

O principal objetivo desse trabalho é analisar o regime hidrográfico da plataforma rasa paranaense de modo a conhecer com mais detalhe as características do habitat no âmbito do qual comunidades marinhas costeiras se desenvolvem.

1.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a porção central da Plataforma rasa do Estado do Paraná, entre isóbatas de 10 e 40 metros. Os fundos são dominados por sedimentos areno-lodosos, até uma profundidade de 12 metros. A partir daí, areias finas predominam, interrompidas por apenas duas formações rochosas: a Pedra do

Valo Grande, em frente a Praia de Leste, totalmente submersa na isóbata de 10 m, e as Ilhas Currais, a 17 metros de profundidade.

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

Considerando os gradientes físico-químicos identificados em estudos anteriores (Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1986, 1990) e a posição dos substratos rochosos, foram selecionadas 5 estações para a coleta de parâmetros hidrográficos, em caráter sazonal, dispostas ao longo de um transecto perpendicular à linha de costa, entre as coordenadas 25°42,60'S - 48°27,80'W e 25°50,20'S - 47°55,80'W (Fig. 1).

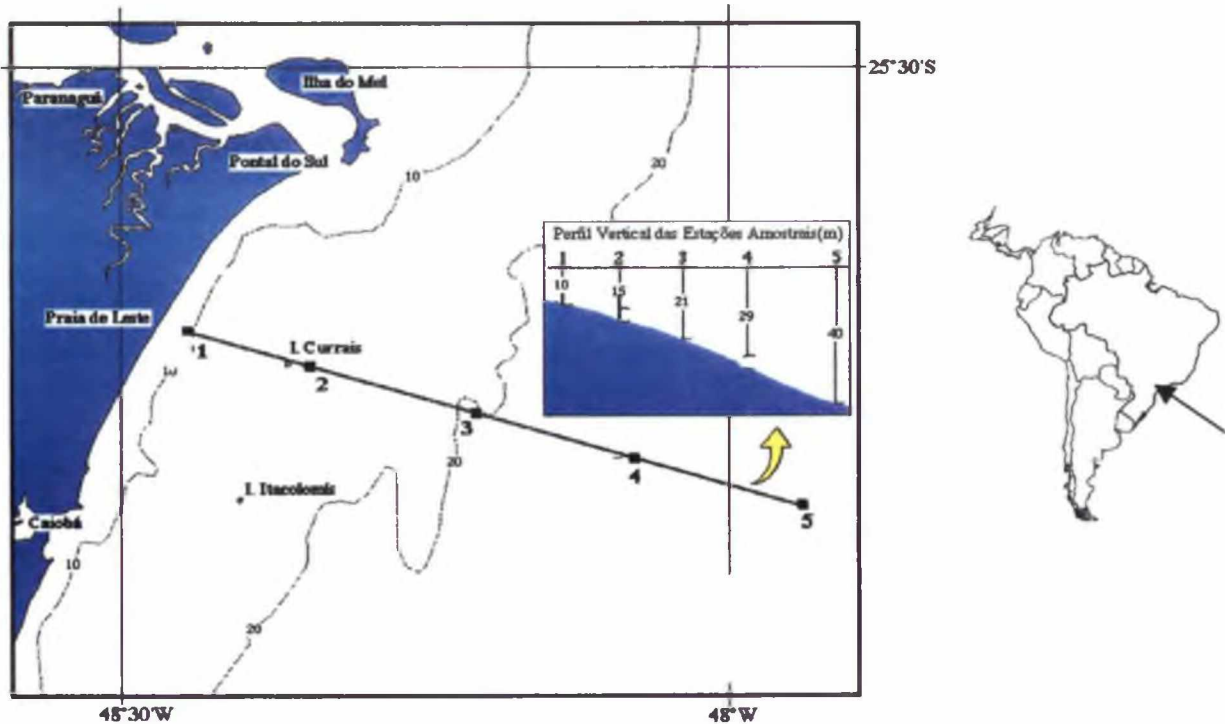


Figura 1. Área de estudo mostrando o transecto oceanográfico com as cinco estações de coleta na plataforma rasa do Estado do Paraná.

De agosto de 1997 a março de 1999, foram realizados 20 cruzeiros amostrais com periodicidade mensal para coletas de dados na coluna de água das 5 estações do transecto. A Lancha Balizadora Fomalhaut da Capitania dos Portos do Paraná (DHN) foi utilizada como plataforma de coleta dos dados de campo. As estações foram posicionadas com o auxílio de um GPS Diferencial Furuno® e as profundidades confirmadas com ecobatímetro Furuno®.

Foram feitas coletas de água com uma garrafa Ruttner®, operada por um guincho manual Hydrobios®, para a determinação do oxigênio dissolvido e concentração de clorofila-a em profundidades padrão (superfície, 2,5, e de 5 em 5 metros até o fundo). Alíquotas de água para análises de oxigênio dissolvido foram retiradas em duplicata, fixadas com reagentes da técnica de Winkler (Grasshoff *et al.*, 1983) e mantidas sob temperatura constante em caixa isotérmica durante o transporte para o laboratório. Regularmente, os frascos eram umedecidos com água do mar para evitar o ressecamento das tampas e a conseqüente formação de bolhas dentro dos frascos. Em geral, as amostras foram analisadas até 24 horas após a fixação, utilizando-se um kit de titulação Hydrobios® (Methrom- Dosimat).

Após a retirada de alíquotas de água para a fixação do oxigênio, sub-amostras de 50 ml foram filtrados a bordo utilizando-se um mini-kit de filtração Sartorius® adaptado a uma seringa plástica de 60 ml de capacidade, com microfiltros Whatman® GF/F. Os filtros foram embalados em papel de alumínio e acondicionados no freezer de bordo (~ -5°C) em frascos com sílica gel. As concentrações de clorofila foram analisadas em laboratório por meio de técnicas fluorométricas descritas em Strickland & Parsons (1972), utilizando-se um fluorômetro Turner Design® modelo AU-10.00.

Dados de temperatura e salinidade *in situ* foram obtidos através de registros contínuos com um mini-CTD SENSORDATA® SD200. A transparência foi estimada em cada estação utilizando-se um disco de Secchi. Dados meteorológicos foram obtidos na estação automática do Centro de Estudos do Mar em Pontal do Sul, Pontal do Paraná próximo ao transecto amostrado.

1.4 RESULTADOS

A temperatura do ar variou regularmente com mínimos de 14 e máximos de 28 °C (Fig.2). A precipitação média mensal variou de aproximadamente 5 a 170 mm com máximos nos períodos mais quentes do verão e mínimos no inverno (Fig.3). O regime de ventos foi predominantemente do quadrante sul/sudeste com intensidades médias de 5 a 10 m/s (fonte Noemberg, 2001).

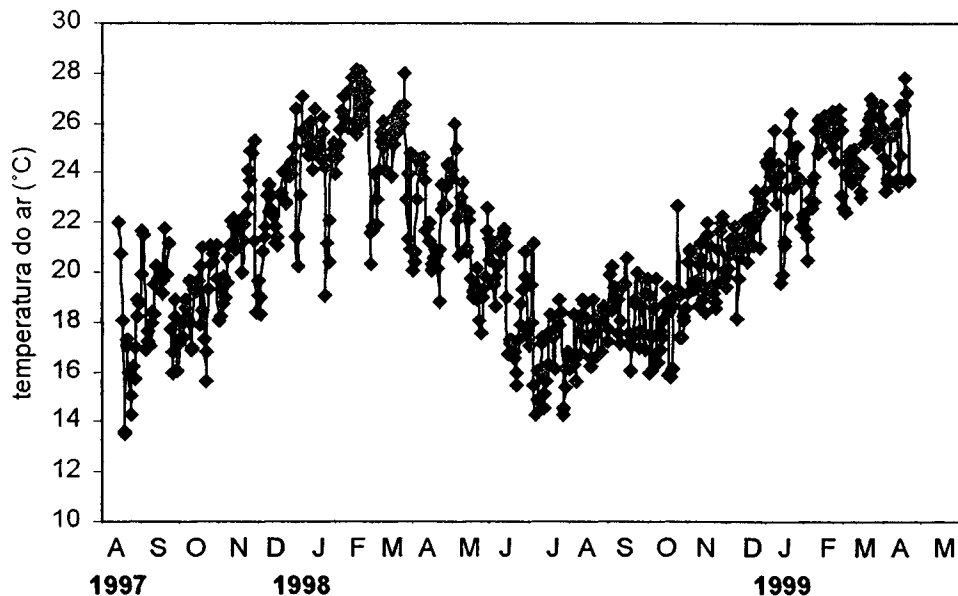


Figura 2. Médias diárias da temperatura do ar para a região litorânea do Estado do Paraná.

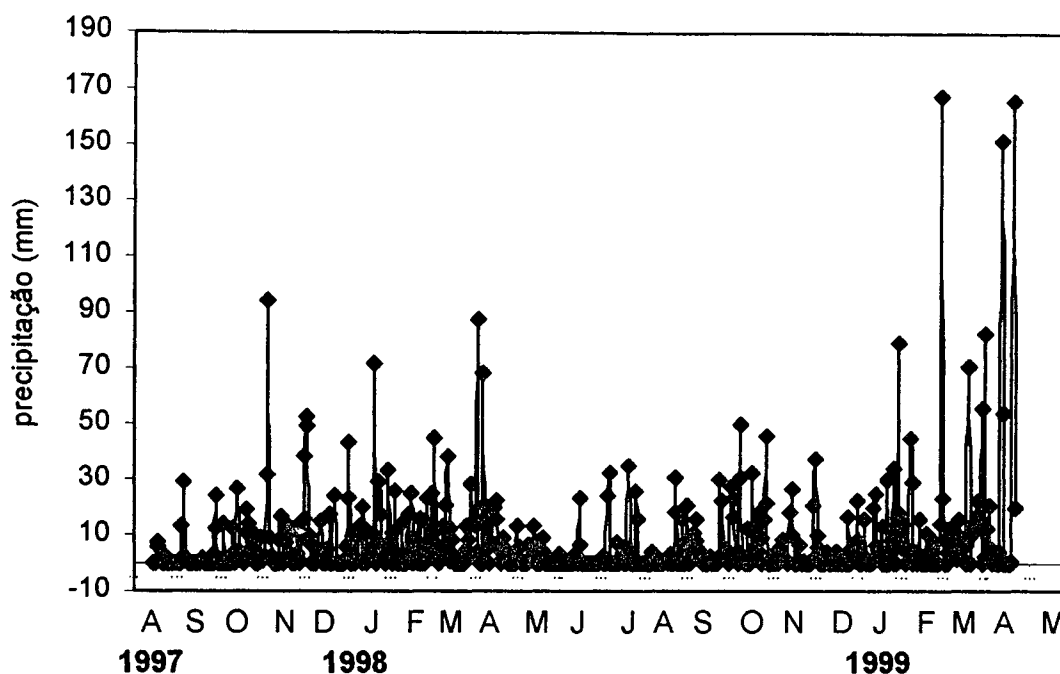


Figura 3. Médias diárias de precipitação da região litorânea do Estado do Paraná.

A temperatura da água variou de 17,6 a 29,6 °C com mínimo no fundo da estação 5 em novembro de 1998 e máximos na superfície das estações 1, 2 e 3 em fevereiro de 1998 (Fig.4). O padrão sazonal foi bem definido com dois períodos quentes e termicamente estratificados no verão entre novembro e março e dois períodos frios de inverno entre junho e setembro, com distribuição vertical homogênea. A termoclina de verão tende a se formar em outubro/novembro com diferenças de até 10 °C como observado na estação 5, mais afastada da costa.

A salinidade variou de 28,4 a 37,4 com mínimos entre novembro de 1998 e janeiro de 1999, na superfície das estações mais costeiras 1 e 2, e o máximo de 37,4 no fundo da estação 5 em setembro de 1998. O padrão sazonal foi bem definido indicando, como no caso da temperatura, períodos verticalmente estratificados no verão e homogêneos no inverno, principalmente entre maio e agosto de 1998 (Fig.5).

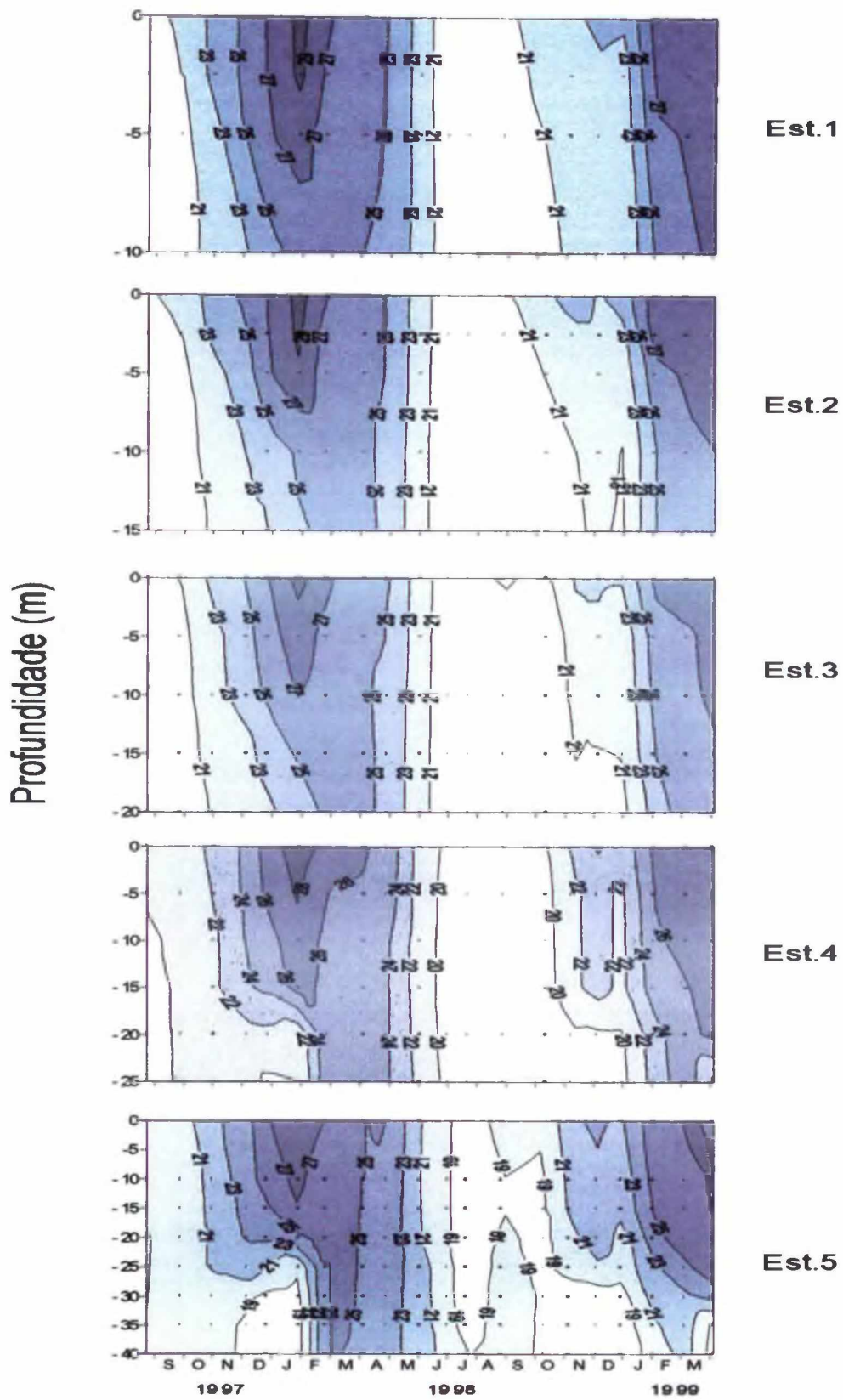


Figura 4. Variação temporal da temperatura da água do mar ($^{\circ}\text{C}$) nas cinco estações oceanográficas localizadas na plataforma rasa do Estado do Paraná.

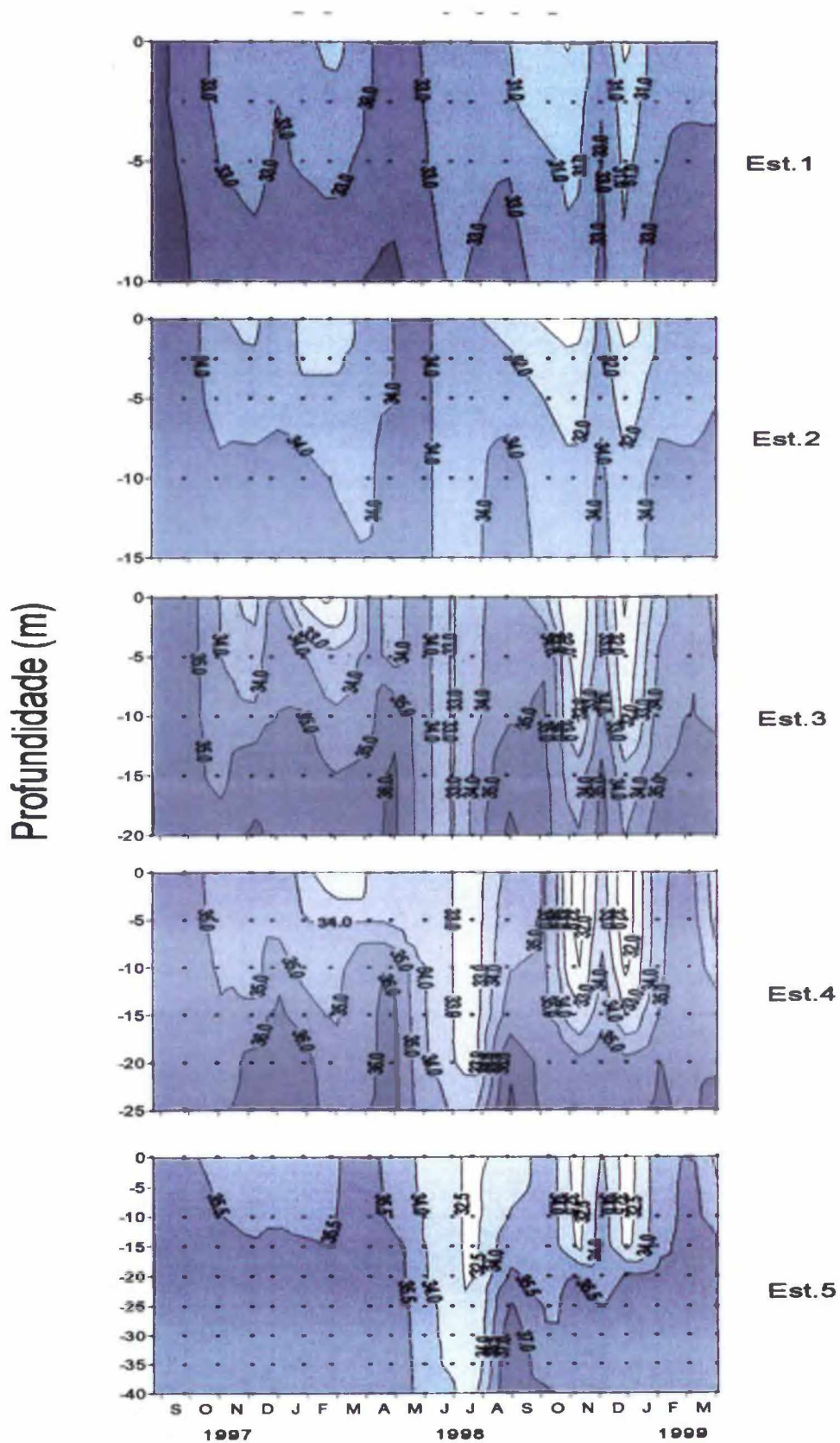


Figura 5. Variação temporal da salinidade da água do mar nas cinco estações oceanográficas localizadas na plataforma rasa do Estado do Paraná.

As concentrações mínimas de oxigênio dissolvido foram observadas no verão, variando de 2,67 a 3,59 mg/l no fundo das estações 5 e 4, respectivamente. (Fig.6). Máximos foram sempre observados nos meses mais frios, em geral em agosto, variando de 5,74 a 6,03 mg/l, nas estações 3 e 2, respectivamente. Em todas as estações, o padrão sazonal foi bem definido com concentrações variáveis e distribuição vertical irregular no verão, e distribuição vertical homogênea em ambos os períodos de inverno, principalmente entre maio e agosto de 1998.

A concentração de clorofila-a variou de <0,02 a 10,8 µg/l, com máximos em geral em subsuperfície, como por exemplo nas estações 1 e 2 em março de 1998 e 2, 3, 4 e 5 no fundo em dezembro de 1998 (Fig.7). Os valores médios foram mais elevados nas estações mais próximas da costa (1,2 e 3), decrescendo em direção às estações mais externas (3 e 4). Concentrações abaixo de 0,5 µg/l foram constantes e homogeneamente distribuídas na coluna de água nos períodos mais frios entre agosto e novembro de 1997 e maio e agosto de 1998 e no verão de janeiro a março de 1999 nas estações 3, 4 e 5.

A transparência da água medida com o disco de Secchi variou de 1,6 a 16,6 m (i.é., zona eufótica de aproximadamente 4 a 45 m) com mínimos próximo da costa decrescendo em direção às estações mais externas (Fig.8). Em geral, a transparência foi maior e acima de 10 metros nas áreas externas (estações 4 e 5), com exceção de fevereiro e março de 1998 quando valores abaixo de 10 metros foram observados desde a costa até a estação mais externa. Nas áreas costeiras a transparência diminuiu de setembro a março de 1998 e 1999.

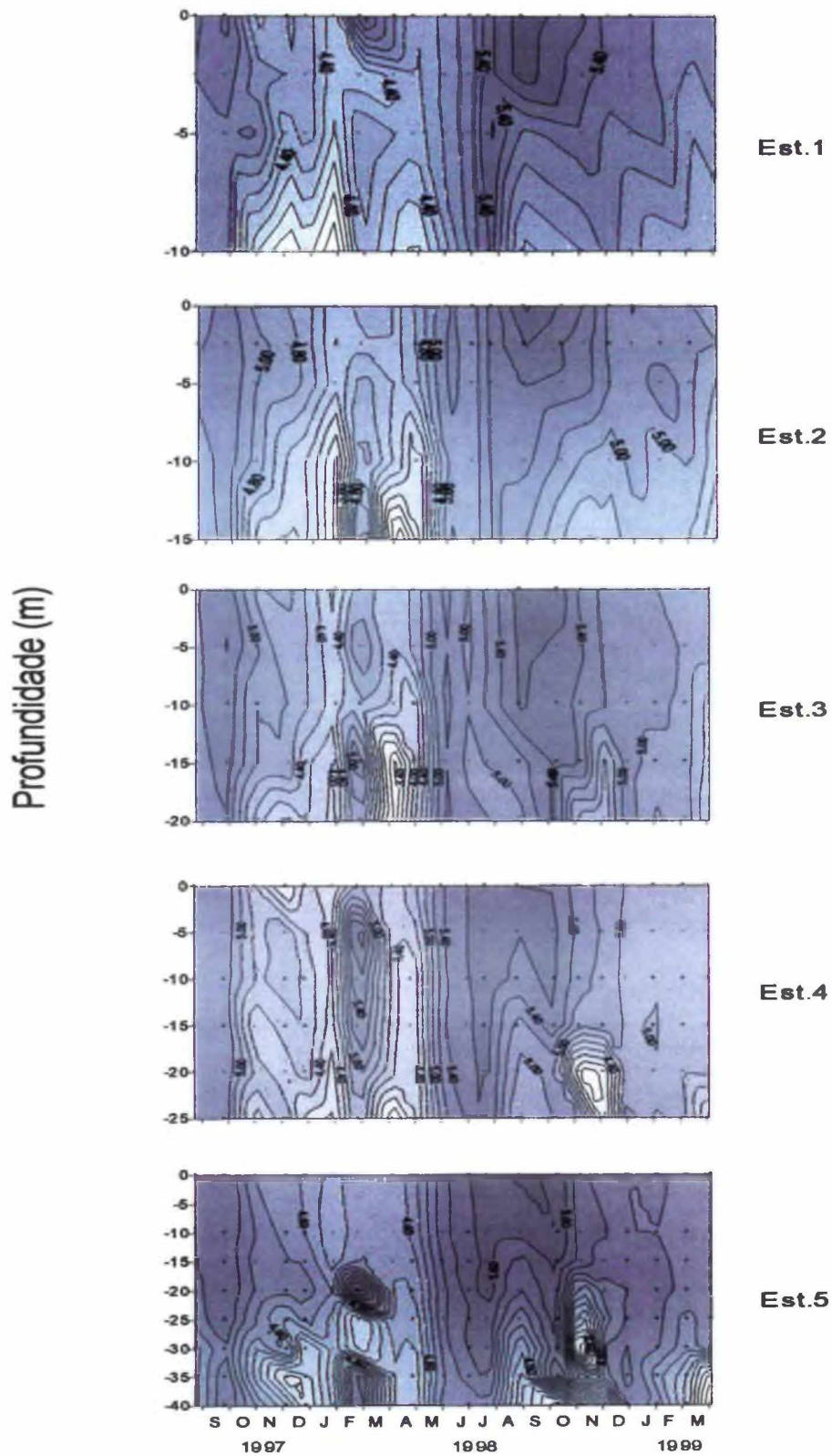


Figura 6. Variação temporal da concentração do oxigênio dissolvido ($\mu\text{g/l}$) nas cinco estações oceanográficas localizadas na plataforma rasa do Estado do Paraná.

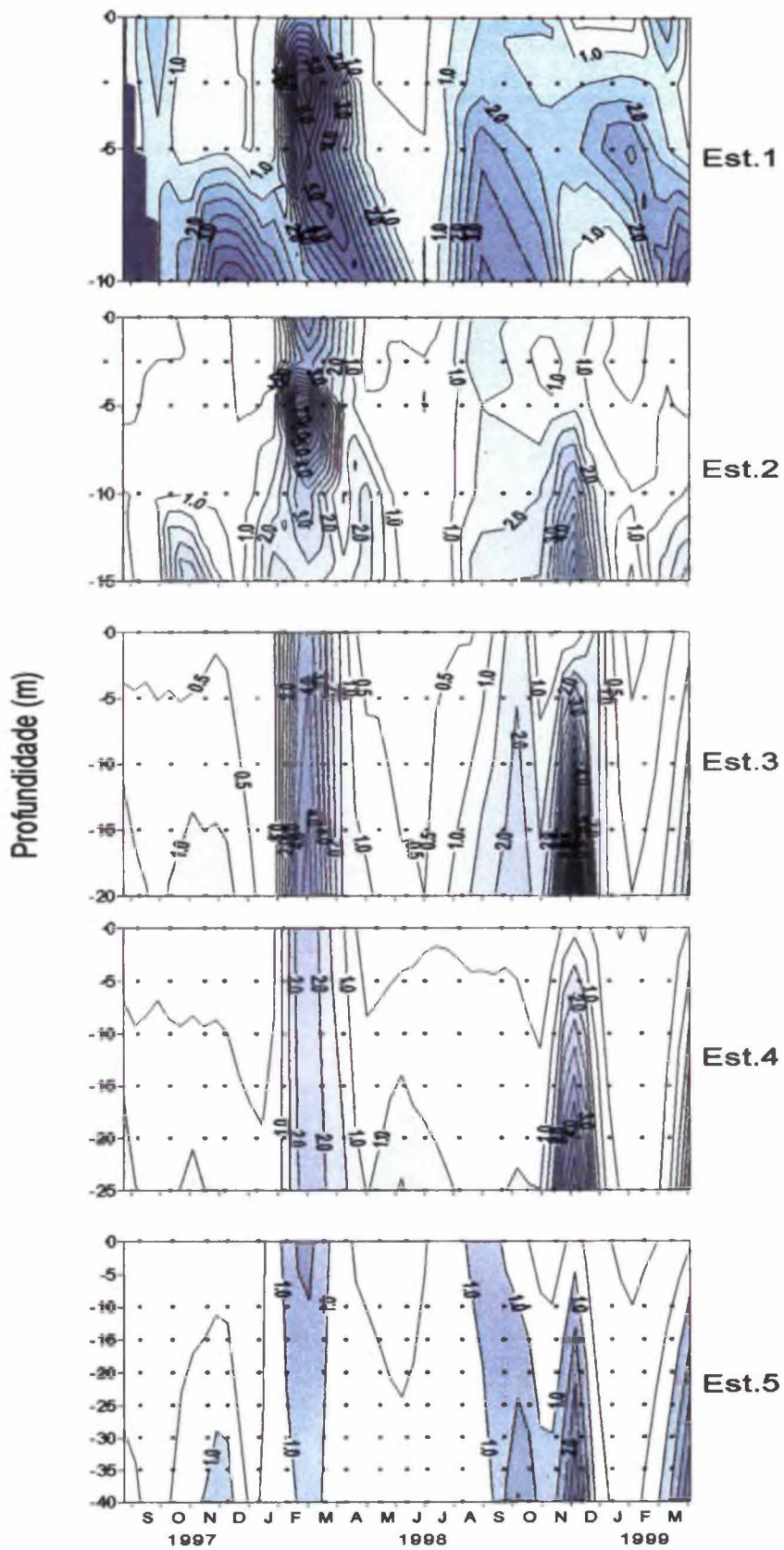


Figura 7. Variação temporal da concentração de clorofila ($\mu\text{g/l}$) nas cinco estações oceanográficas localizadas na plataforma rasa do Estado do Paraná.

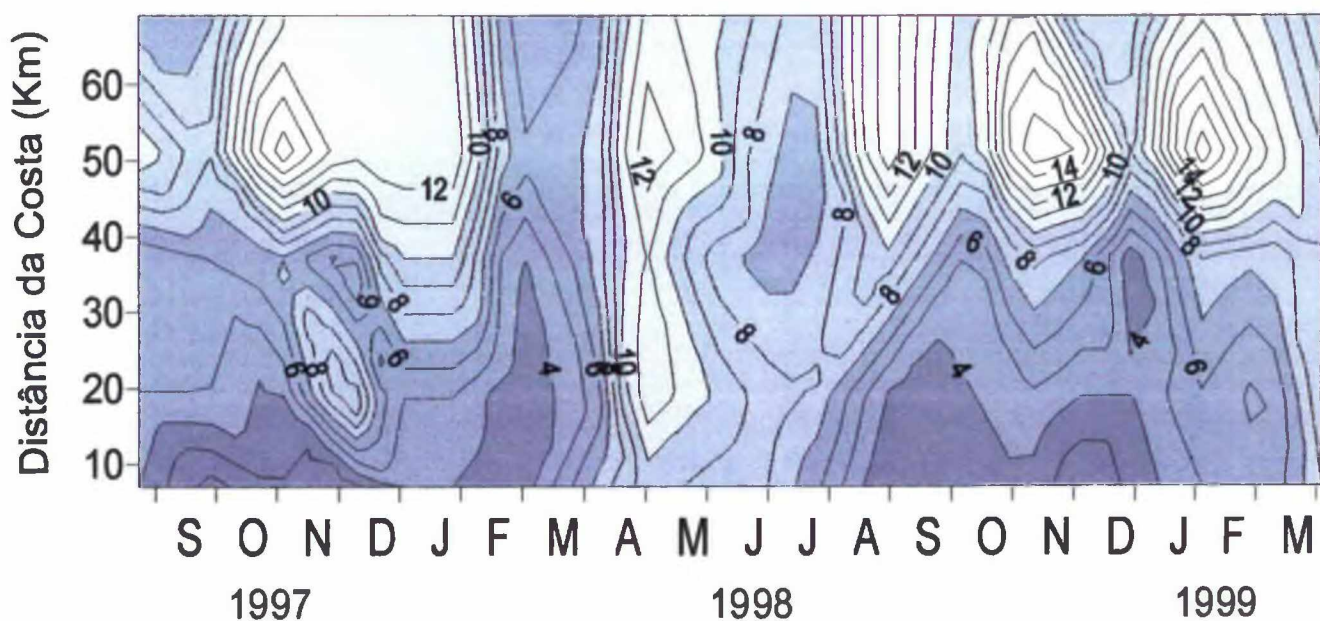


Figura 8. Variação temporal da transparência medida com disco de Secchi (m), ao longo do transecto costa-oceano localizadas na plataforma rasa do Estado do Paraná, de agosto de 1997 a março de 1999.

1.5 DISCUSSÃO

A regularidade e a semelhança dos padrões de variação sazonal da temperatura e salinidade observados em todas as estações são o resultado do efeito conjunto de diversos processos físicos. Com base em estudos anteriores, que incluíram a plataforma rasa do Estado do Paraná no seu grid amostral, os padrões observados ao longo do transecto são o reflexo de 3 processos físicos principais que atuam na região e descritos a seguir por ordem de importância regional: Intrusões laterais de águas subantárticas (=Frente Subtropical), intrusões de fundo da Água Central do Atlântico Sul – ACAS e drenagem continental.

Durante o inverno, entre junho e agosto, os ventos predominantes de sudoeste deslocam águas frias e com baixa salinidade oriundas da plataforma continental da Argentina e Uruguai (Brandini, 1990; Campos *et al.*, 1995). Esse fenômeno foi recentemente denominado Frente Subtropical. Além de águas frias de origem subantártica, a frente transporta toda a descarga de água doce do Rio de La Plata e, em menor escala, da Lagoa dos Patos (Brandini, 1990). A mistura diminui a salinidade da plataforma rasa ao longo de toda a região sul entre o Rio Grande do Sul e São Paulo. Padrões semelhantes foram observados por Pezzuto *et al.* (1998) em pontos próximos do transecto estudado, nas isóbatas de 35 e 40 metros. Os padrões sazonais de todas as estações mostram nitidamente a presença dessa massa de água fisicamente homogênea, com baixas temperaturas e salinidade em ambos os períodos de inverno amostrado. A Frente Subtropical de inverno está claramente representada nas isohalinas a partir de maio de 1998 nas

estações mais externas, sugerindo inclusive uma certa influência sobre as áreas mais próximas da costa, representadas pelas estações 1 e 2.

No verão, entre dezembro e março, os ventos de Nordeste e a ação da Força de Coriolis deslocam a água de plataforma para áreas afastadas da costa (Castro-Filho *et al.*, 1987), induzindo a penetração da Água Central do Atlântico Sul (Emilsson, 1961; Miranda, 1982, Castro-Filho & Miranda, 1998) pelo “assoalho” marinho no sentido inverso, ou seja, em direção à costa. A estratificação térmica típica do verão é causada pelo efeito conjunto do aquecimento na superfície e da queda de temperatura no fundo devido às intrusões da ACAS. A seqüência de isotermas da Fig.4, mostra o início da estratificação térmica em outubro de 1997 e outubro de 1998, e cada vez mais acentuada em direção às estações mais externas onde a influência da ACAS é mais evidente. A ACAS é rica em nutrientes inorgânicos que enriquecem a base da zona eufótica, estimulando o crescimento do fitoplâncton (Brandini *et al.*, 1989; Aidar *et al.*, 1993).

Finalmente, a drenagem continental pode ser considerada o processo principal de enriquecimento da zona eufótica das áreas mais rasas e próximas da costa, e está fortemente associada ao regime de chuvas e ventos. A circulação costeira e os processos de ressuspensão de sedimento enriquecem a zona eufótica mas também aumentam a carga de material particulado em suspensão, limitando a espessura da zona eufótica. Isso é claramente observado no padrão sazonal de transparência obtido com o disco de Secchi (Fig.8), ficando evidente que os períodos mais afetados são entre setembro e março, coincidindo com os períodos de maior precipitação.

Em uma escala geográfica menos abrangente, os parâmetros menos conservativos, como oxigênio e clorofila, devem ser analisados com esse cenário hidrográfico controlado pelos 3 processos, mas levando-se em conta a atividade biológica em escala local. A Frente Subtropical de inverno injeta nutrientes novos (*sensu* Dugdale & Goering, 1967) na zona eufótica do transecto estudado, desde a costa até as áreas externas representadas pelas estações 4 e 5. Enquanto que as intrusões da ACAS injetam nutrientes novos na base da zona eufótica de estações mais afastadas durante o verão. A drenagem continental mantém o suprimento constante de nutrientes na zona costeira, intensificados nos períodos de maior precipitação. O padrão sazonal da distribuição de clorofila no transecto reflete a interação de todos esses processos de enriquecimento da zona eufótica subtraindo-se as perdas pela herbivoria, sedimentação e advecção lateral.

Concentrações máximas de clorofila são em geral observadas durante o verão em subsuperfície, formando máximos subsuperficiais (MSC). Os MSC são comuns na plataforma do Paraná e áreas adjacentes da região Sueste (Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990). Nesse trabalho foram observados em ambos os períodos produtivos de fevereiro/março e setembro/dezembro de 1998. Os MSC's têm implicações biológicas cruciais para o ciclo de vida dos organismos bênticos, ainda pouco avaliadas. São o principal mecanismo de concentração de matéria orgânica para a comunidade planctônica que inclui o meroplâncton, ou seja, parte do ciclo de vida das comunidades bênticas. Além disso, levando-se em conta que a maioria dos organismos bênticos epilíticos são filtradores e suspensívoros, a concentração de clorofila na coluna de água e de material orgânico particulado em geral é fundamental para o sucesso dessas comunidades. Comparando-se os gráficos de

isotermas da Fig.4 com os de isolinhas de clorofila da Fig.7, percebe-se uma relação evidente entre os períodos termicamente estratificados seguidos de períodos com altas concentrações de clorofila na coluna de água. No primeiro período produtivo (Fevereiro-Março 1998) a clorofila distribuiu-se homogeneamente na coluna de água enquanto que no segundo período (Outubro-Dezembro 1998) a clorofila concentrou-se em níveis sub-superficiais e até no fundo.

Essa diferença nos padrões de distribuição vertical em ambos os períodos deve estar associada ao El-Niño 1997/1998 que obstruiu as intrusões da ACAS em fevereiro de 1998 devido à forte incidência de ventos sudoeste (Noernberg, 2001). Resende (2000) analisou os padrões de clorofila no mesmo transecto detectando os efeitos negativos do El-Niño sobre a produtividade do fitoplâncton. Além disso, chuvas fortes nos meses que antecederam o primeiro período produtivo (Brandini *et al.*, 2000; Sartori, 2000) sugerem o efeito da drenagem continental como responsável pelas altas concentrações de clorofila nas estações mais costeiras (est. 1, 2 e 3) com efeitos residuais nas estações externas. Entretanto, as isohalinas não confirmaram a influência dessa drenagem no verão de 1997/1998 sobre as áreas mais afastadas do transecto.

No segundo período de maior concentração de clorofila entre outubro e dezembro de 1998, a entrada da ACAS foi mais evidente causando os máximos subsuperficiais em quase todas as estações, exceto na estação 1, mais costeira e fora do alcance das intrusões da ACAS. Pezzuto *et al.* (1998) observaram a presença da ACAS penetrando até profundidades de 20 m., contrastando um pouco com o registrado no presente estudo, onde a ACAS apresentou-se um pouco mais

retraída no verão devido ao regime de ventos atípico para a época (Noernberg, 2001)

Os enriquecimentos episódicos da plataforma rasa do Estado do Paraná, com nutrientes novos, oriundos das intrusões da ACAS podem modificar relações tróficas e estruturais nas várias comunidades autotróficas e heterotróficas da área. Segundo Graf (1992) e Witman & Dayton (2001), variações em larga escala da produtividade primária na superfície, podem influenciar na formação de padrões em mesoescala em comunidades bênticas. Isto ocorre através de mecanismos de acoplamento bento-pelágicos, especialmente para organismos que se alimentam de partículas em suspensão em ambientes deposicionais.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, S.M.F., GIANESELLA-GALVÃO; S.A., GAETA; M.B.B. KUTNER; C. TEIXEIRA. 1993. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas da região de Ubatuba, SP. **Publicação especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, 10: 9-43.
- BRANDINI, F.P. 1986. **Hidrografia e características do fitoplâncton da região sueste do Brasil: produção primária, biomassa e composição**. São Paulo. 110 f. Tese de Doutorado - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- BRANDINI, F.P.; MORAES, C.L.B.; THAMM, C.A. 1989. Shelf break upwelling, subsurface maxima of chlorophyll and nitrite, and vertical distribution of a subtropical nano-microplankton community off Southeastern Brazil. In: BRANDINI, F.P. (Ed.) **Mémórias do III Encontro Brasileiro de Plâncton**. Curitiba. 190 P.
- BRANDINI, F.P. 1990 Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off Southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984) **Hydrobiologia**, 196:111-148.
- BRANDINI, F.P., BOLTOVSKOY, D.; PIOLA, A.; KOČMUR, S.; ROTTGERS, R.; ABREU, P.C.; R.M. LOPES. 2000. Multiannual trends in fronts and distribution of nutrients and chlorophyll in the Southwestern Atlantic (30 - 62 S). **Deep Sea Research**, 47: 1015-1033.
- CAMPOS, E.J.D.; GONÇALVES, J.E.; IKEDA, Y. 1995. Water mass structure and geotropic circulation in the South Brazilian Bight. **J. Geophysical Research**, 100:18 537-18 550.
- CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B.; MIYAO, S.Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em escala média **Bol. Inst. Oceanogr., S Paulo**, 35 (2), p.135-151.
- CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A.R; BRINK, K.H. (Eds.). **The Sea**, John Wiley Sons, Inc., vol. 11, cap. 8. p. 209-251.
- DUGDALE, R.C.; J.J. GOERING. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. **Limnol. Oceanogr.** , 12:196-206.
- EMILSSON, I. 1959. Alguns aspectos físicos e químicos das águas marinhas brasileiras. **Ciência e Cultura**, 11(2): 44-54.

- EMILSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters of southern Brazil. **Bol. Inst. Oceanogr. S Paulo**, 11(2): 101-112.
- GRAF, G. 1992. Benthic-pelagic coupling: a benthic view. **Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.**, 30: 149-190.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. 1983. **Methods of sea water analysis**. 2nd revised and extended ed. Wienhein: Verlag Chemie. 419 p.
- MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). **Ciência e Cultura.**, 38(8): 1439-1450.
- MIRANDA, L.B., 1982. **Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP)**. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 125p.
- NOEMBERG, M.A. 2001. **Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá: um estudo utilizando dados Landsat-TM e medições *in situ***. Curitiba. 118 f. Tese de Doutorado - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.
- PEZZUTO, P.R.; BORZONE, C.A.; ABRAHÃO, R.L.B.E.; BRANDINI, F.P. ; E.C. MACHADO. 1998. **Relatório técnico dos cruzeiros do Projeto Vieira III. Cruzeiros IV (maio de 1996) a XIV (maio de 1997)**. Notas Técnicas. FACIMAR, 2:109-129.
- RESENDE, K.R.V, 2000. **Distribuição sazonal da biomassa e composição do fitoplâncton da Plataforma Continental interna do Estado do Paraná**. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da USP.
- SARTORI, L.P., 2000. **Variação espaço-temporal das associações de copépodes pelágicos na Plataforma Continental do Estado do Paraná**. Tese de mestrado - Dep. Zoologia da UFPR.
- STRICKLAND, J.D.; PARSONS, R.T. 1972. Determination of dissolved oxygen. A Practical Handbook of Seawater Analysis. **Fish. Res. Bd. Canada Bull.** 1.3.(167): 21-26.
- WITMAN, J.D.; P.K. DAYTON. 2001. Rocky Subtidal Communities. In: BERTNESS, M.D.; S.D. Gaines; M.E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology**. Massachusetts: Sunderland. p. 339-361.

CAPÍTULO II

COMUNIDADES EPILÍTICAS DE HABITATS ARTIFICIAIS EM DIFERENTES CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS EM ÁGUAS COSTEIRAS E NA PLATAFORMA MÉDIA DA COSTA DO ESTADO DO PARANÁ – SUL DO BRASIL

2.1 INTRODUÇÃO

A técnica de submergir substratos duros para favorecer o desenvolvimento da fauna e flora marinha em regiões desprovidas de fundos rochosos vem sendo aplicada com bons resultados em diversos países (Ditton & Graefe, 1978; McIntosh, 1981; Risk, 1981; Duclerc & Durval, 1986; Mottet, 1986; Hueckel *et al.*, 1989) com os seguintes objetivos: (i) recuperar a diversidade biológica em regiões costeiras impactadas pela ação antropogênica; (ii) desenvolver a pesca artesanal; (iii) apoiar a indústria do turismo com a pesca esportiva e recreacional; (iv) proteger construções na orla marítima; (v) implantar sistemas de maricultura em mar aberto e (vi) criar áreas de exclusão de arrasto para resolver conflitos de interesse entre a pesca industrial de arrasto e a pesca de pequena escala, contribuindo com o manejo dos recursos pesqueiros.

O manejo de áreas de plataforma com a implantação de recifes artificiais vem sendo empregado desde meados deste século e é recomendado pela FAO (1990) em países costeiros interessados em explorar mais adequadamente seus recursos marinhos. O Brasil tem condições adequadas de assentamento de recifes artificiais

em sua plataforma e precisa urgentemente dominar a arte de manipular habitats bênticos com o uso de estruturas submersas, protegendo áreas fortemente impactadas pela pesca industrial de arrasto, se no futuro quiser estar entre as nações costeiras que dominam e exploram de modo racional e sustentado o mar e seus recursos naturais.

A plataforma continental do Estado do Paraná é pequena e quase que totalmente dominada por fundos arenosos. Com exceção dos poucos substratos rochosos que margeiam as ilhas paranaenses, a plataforma rasa próxima da costa oferece poucas possibilidades de fixação e abrigo para organismos bênticos. Os recursos marinhos vem sendo depauperados pela pesca industrial de arrasto desde a década de 70 (Paiva, 1997), prejudicando a pesca artesanal de subsistência e a pesca turística.

Um programa em larga escala de assentamento de recifes artificiais pode ser a solução para esses conflitos desde que planejados e conduzidos com base em estudos ambientais piloto capazes de gerar informações sobre o desenvolvimento da comunidade marinha de fundo rochoso em relação às condições hidrográficas médias. A fauna de invertebrados epilíticos constitui a base da teia alimentar de ecossistemas consolidados. Dela dependem peixes, crustáceos e moluscos que podem ser uma alternativa para a exploração econômica mais sustentada dos recursos marinhos, substituindo os modelos tradicionais de pesca de arrasto em fundo arenoso.

No Paraná a produtividade pelágica da plataforma rasa (<50 metros) é pequena (Brandini, 1990) e contribui pouco para os estoques pesqueiros da Região Sul do Brasil (Matsuura, 1995; Paiva, 1997). Entretanto, intrusões de águas frias

ricas em nutrientes da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Matsuura, 1986; Brandini, 1990; referências do Capítulo 1) ocorrem nos meses de primavera e verão com predominância de ventos nordeste. A invasão da ACAS até as áreas mais costeiras, ou pelo menos sua influência direta, enriquece a base da zona eufótica com nutrientes novos, causando a formação de máximos subsuperficiais de clorofila devido ao crescimento e acúmulo de fitoplâncton (Brandini, 1990; Brandini *et al.*, 1989). A quantidade de material particulado rico em nitrogênio é fundamental para o desenvolvimento de comunidades epilíticas dominadas por animais filtradores e suspensívoros. Além disso, suportam a teia alimentar planctônica que inclui as larvas do meroplâncton, garantindo o recrutamento no bentos.

O objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho de habitats artificiais no desenvolvimento de comunidades incrustantes sujeitas ao gradiente ambiental ao longo de um transecto costa-oceano e selecionar os melhores pontos para o assentamento de recifes artificiais em larga escala.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Construção e instalação dos habitats artificiais

Blocos quadriláteros feitos de concreto construídos com cimento Portland resistente a sulfatos (Votoran CP IV RS) e com aditivos (micro-sílica e superplastificante) para ajuste de pH e aumento de resistência, foram escolhidos como unidades recifais. Os blocos, similares às unidades recifais utilizadas por

Lindbergh (1996), medem 1,0 x 0,8 x 0,8 m (0,64 m³), pesam aproximadamente 600 Kg e possuem uma cavidade central perfurada ocupando cerca de 40% de seu volume total (Figura 1a).

Três pontos (A, B & C) foram selecionados ao longo do gradiente batimétrico entre as isóbatas de 10 e 30 metros (Figura 1b). O navio hidrográfico Mário Seixas (Marinha do Brasil) foi utilizado no assentamento das unidades recifais nos 3 pontos selecionados, nos dias 6 e 7 de janeiro de 1997 (Figura 1c). Os blocos foram lançados pela borda e assentaram no fundo marinho de forma randômica. O ponto A (isóbata de 11 metros), localizado a 5 milhas a leste da costa do Paraná, representa condições ambientais costeiras mais afetadas pela drenagem continental, com alta turbidez e baixa salinidade. O ponto B (18 metros) a 15 milhas da costa, foi selecionado como ponto intermediário, com aporte sazonal e ocasional de águas costeiras e oceânicas. O ponto C (30 metros), a 30 milhas da costa, representa condições oceânicas, freqüentemente sujeita a intrusões da ACAS. A figura 2 ilustra a dinâmica sazonal das massas d'água na plataforma rasa do Estado do Paraná. O arranjo espacial, posições e profundidades dos assentamentos são mostrados na figura 3.

2.2.2 Parâmetros Hidrográficos

Logo após o assentamento dos blocos, 22 cruzeiros oceanográficos mensais, entre janeiro de 1997 e setembro de 1999, foram realizados em um transecto com 5 estações passando pelos pontos A, B e C. Um Mini-CTD Sensordata[®] foi usado

para perfis contínuos de temperatura e salinidade. A água foi amostrada em profundidades discretas padrão entre a superfície e o fundo com uma garrafa Ruttner-Hydrobios de 1 litro. Análises fluorométricas da concentração de clorofila foram feitas com um fluorômetro Turner Designs modelo AU10-00 após a extração dos pigmentos com acetona 90% de acordo com os procedimentos de Arar & Collins(1992). A determinação da concentração de oxigênio foi feita com a técnica de Winkler descrita por Strickland and Parsons (1972). A transparência da água foi determinada com o disco de Secchi.

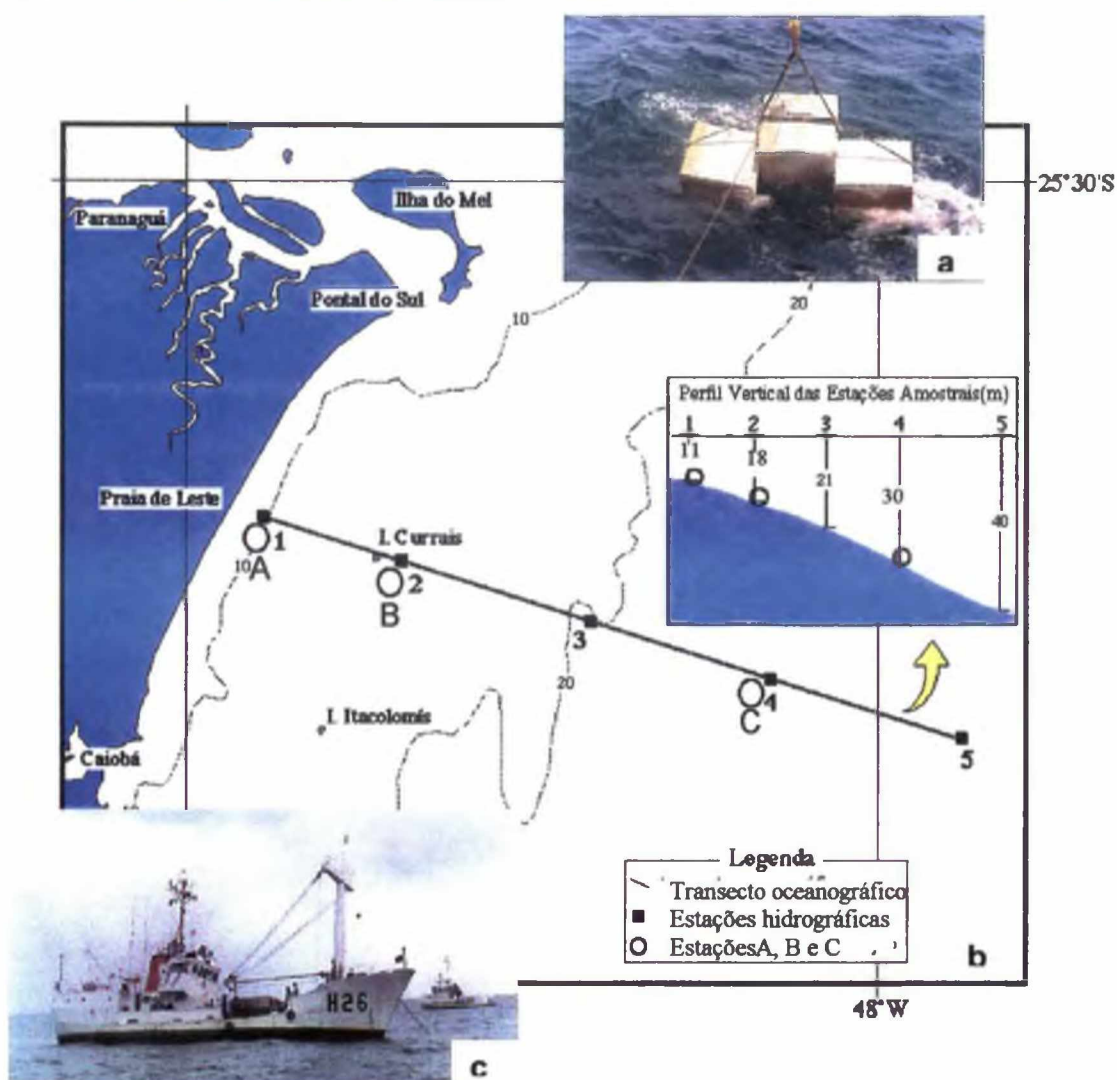


Figura 1. Área de estudo na costa do Estado do Paraná, com detalhes (a) dos blocos experimentais, (b) das estações biológicas e (c) do Navio Hidrográfico "Mário Seixas" usado no transporte e instalação.

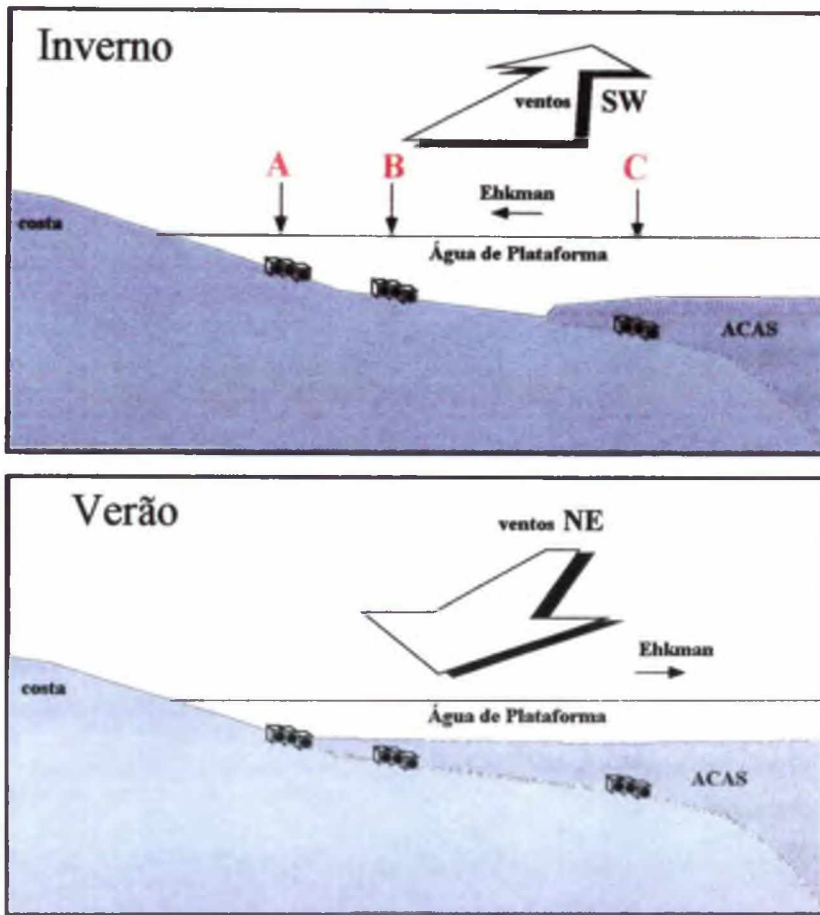


Figura 2. Ilustração do comportamento hidrográfico sazonal na plataforma rasa do Estado do Paraná e pontos de instalação de habitats artificiais.

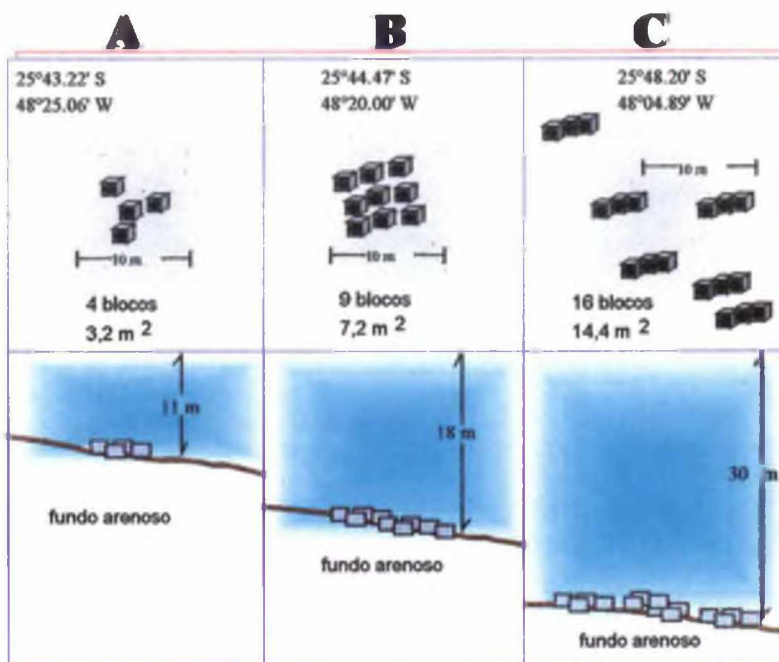


Figura 3. Arranjo espacial, posições e profundidades dos 3 pontos com habitats artificiais.

2.2.3 Amostragem da comunidade

Uma análise comparativa detalhada das comunidades biológicas nos substratos dos 3 pontos foi feita em janeiro de 1998, após um ano de imersão. A quantificação dos taxa foi feita por métodos não destrutivos seguindo a metodologia desenvolvida por Bohnsack (1976). Fotografia subaquática e inspeção visual foram as técnicas utilizadas em um fotoquadrado de 16,4 x 10,8 cm (área = 177cm²), escolhido de forma a maximizar a área de abrangência da amostra, mantendo uma boa resolução taxonômica mesmo em condições de águas turvas. O equipamento fotográfico foi composto por uma câmera subaquática Nikonos V[®] equipada com lente de 35mm, acessório Nikon[®] de enquadramento (fotoquadrado), lente macro sobreposta à lente de 35 mm e uma armação retangular fixos à câmera (Figura 4). O sistema de iluminação utilizado foi um flash subaquático YS-50[®] e braço extensor de posicionamento e lanterna. Em cada ponto foram feitas 24 fotografias com filme diapositivo Kodak Ektachrome ASA 100, sensibilizados a uma distância focal fixa. As fotoamostras foram coletadas aleatoriamente nas superfícies verticais dos blocos experimentais, uma vez que as superfícies horizontais apresentavam acúmulo de sedimentos e clareiras causadas pelo sufocamento dos organismos.

Devido a falta de resolução de alguns slides, e a necessidade de se averiguar o número de amostras para representar a comunidade, plotagens das curvas espécie-área, *a posteriori*, foram feitas, indicando que o mínimo de 6 a 8 fotoquadrados (slides) por estação eram necessários para representar a biota sésstil. Portanto, as análises subseqüentes foram baseadas em 12 slides selecionados pela melhor resolução e qualidade de imagem.

Os slides foram analisados em um microscópio estereoscópio, segundo metodologia descrita por Bohnsack (1979), sobrepondo-se ao slide uma transparência de acetato com 50 pontos perfurados e distribuídos regularmente.

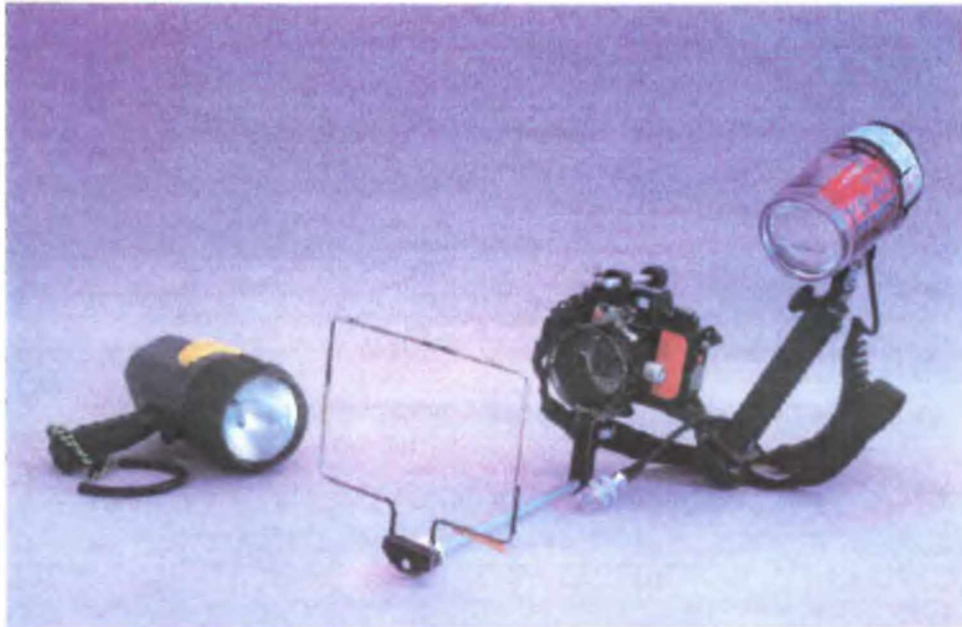


Figura 4. Equipamento de foto-amostragem, composto por câmera, lente macro com armação de enquadramento e sistema de iluminação.

Cada organismo observado nas perfurações do acetato foi identificado ao nível taxonômico mais preciso possível e as abundâncias anotadas como porcentagem de cobertura.

Organismos não identificados foram listados considerando-se suas formas e colorações. Por exemplo, ascídia laminar vermelha, hidróide arborescente amarelado, ou ainda, organismos laminares não identificados marrons. Cada um destes organismos receberam códigos de identificação (p.ex., ascídia sp 1, ascídia sp 2,...). Para confirmar a identificação taxonômica de algumas espécies, foram

feitas coletas destrutivas de alguns grupos. Estas amostras foram preservadas em solução de Formol salino 4% neutralizado e analisadas com lupa PZO Labimex.

O número de espécies em cada amostra e o índice de Shannon-Weaner (H') modificado para % de cobertura foram utilizados para descrever as comunidades sésseis sobre os blocos. Este índice de diversidade incorpora a riqueza e a equitabilidade (Loya, 1972).

Os testes estatísticos utilizando análise de variância, para testar a igualdade das médias, consideraram o nível de significância de $p < 0,05$. O índice de Bray-Curtis, calculado com base nos valores médios das abundâncias transformados pela raiz quadrada, foi utilizado para verificar a similaridade entre as biotas sésseis dos 3 pontos com habitats artificiais. O agrupamento do tipo hierárquico combinatório foi usado para representar, através de dendrogramas, o grau de similaridade entre as comunidades. O ordenamento non metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS) foi aplicado para representar as dissimilaridades entre as amostras.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Hidrografia

A transparência da água no transecto variou de 6 a 14 metros nas áreas mais distantes (60-70 Km da costa), e de 4 a 10 metros nas áreas costeiras (Fig. 5). Águas mais transparentes ocorrem principalmente nos meses de primavera e verão. De modo geral os dados de transparência obtidos com o disco de Secchi indicam uma zona eufótica quase que com a mesma extensão da coluna de água. Camadas próximas ao fundo são frequentemente iluminadas o suficiente para promover o crescimento algal e a formação de Máximos Sub-superficiais de Clorofila (MSC). Porém, durante os mergulhos de coleta da fauna epibêntica, foram observadas zonas de máxima turbidez, geralmente associadas ao fundo, diminuindo significativamente a penetração da luz junto ao fundo.

Devido ao grande volume de dados, optou-se pela representação gráfica considerando as condições médias em cada estação do ano. Os dados da temperatura, salinidade, oxigênio e clorofila de cada profundidade obtidos nos 22 cruzeiros foram agrupados em períodos sazonais com valores semelhantes utilizando o teste-t não-pareado de Student. Este teste foi utilizado para todos os parâmetros coletados, comparando as médias uma a uma, e assim organizando grupamentos similares. Os dados com diferenças não significativas ($p > 0,05$) foram usados no cálculo do valor médio representativo de cada período sazonal. Portanto, as Figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a distribuição vertical das médias desses parâmetros ao longo do transecto costa-oceano nas quatro estações do ano. Condições médias

típicas de "inverno" "primavera", "verão" e "outono" foram usadas nessa seqüência para designar os períodos junho-agosto, setembro-novembro, dezembro-fevereiro e março-maio, respectivamente.

No ciclo sazonal, temperaturas médias de inverno variaram pouco, de 19 a 20 °C com distribuição vertical homogênea. Na primavera, as estratificações térmicas verticais foram mais evidentes, com médias de 22 a 23 °C na superfície, decrescendo em direção ao fundo até mínimos de 19°C nas áreas mais afastadas. No verão, os gradientes verticais se intensificaram formando termoclinas bem definidas. A temperatura máxima na superfície chegou a 28°C e a temperatura mínima no fundo foi de 21°C. No outono, a temperatura média na coluna de água decresce com a quebra da termoclina e o aumento da espessura da zona de mistura. Valores médios na coluna de água variaram pouco de 24 a 25°C, com estratificações mais acentuadas apenas nos níveis profundos das áreas externas.

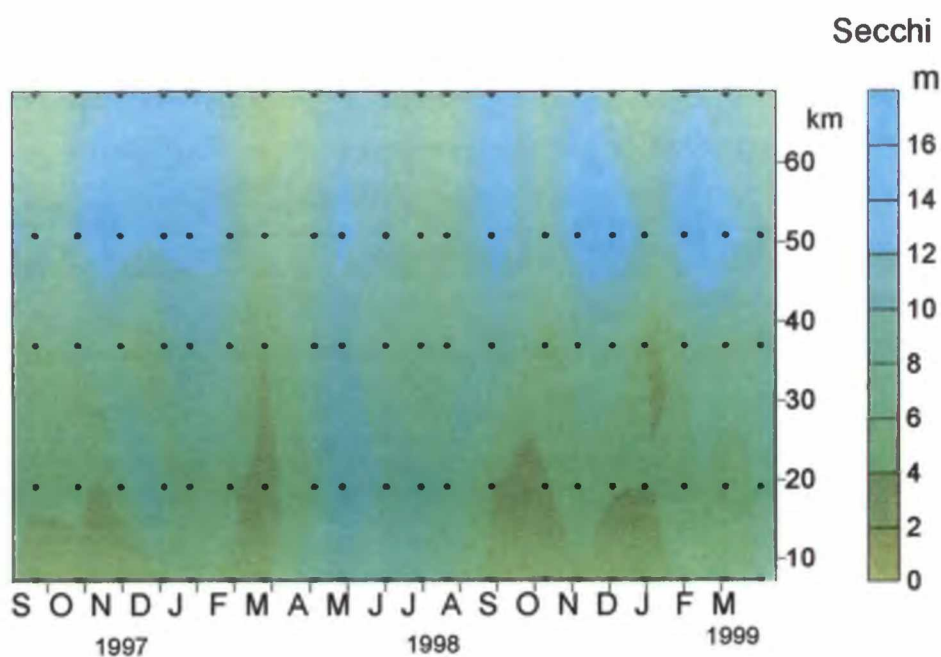


Figura 5. Transparência da água ao longo de um transecto costa-oceano na plataforma rasa do estado do Paraná entre setembro de 1997 e março de 1999.

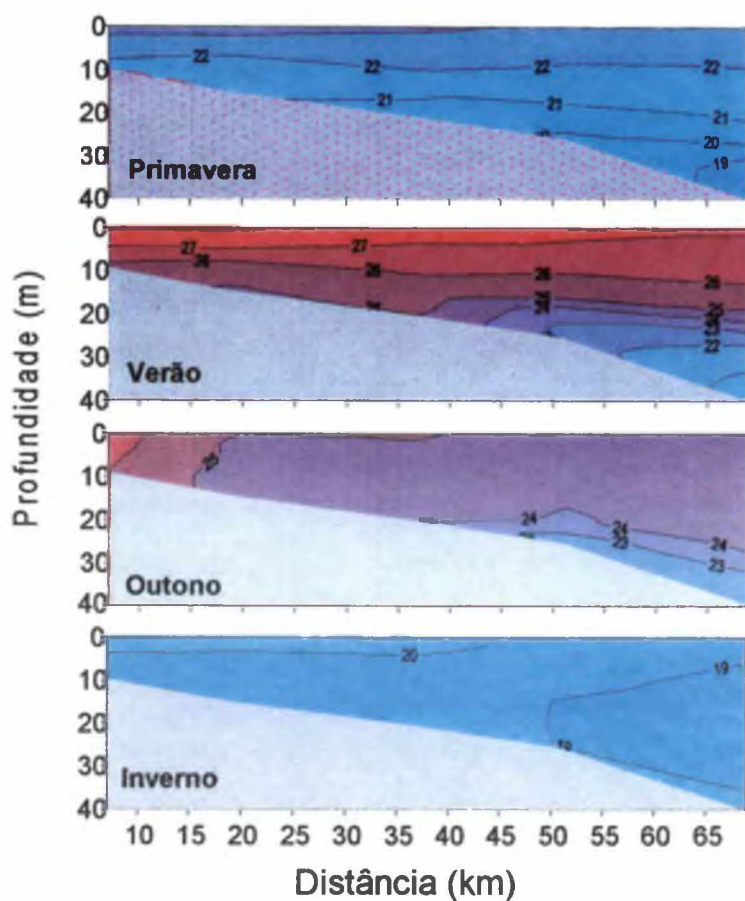


Figura 6. Distribuição vertical dos valores médios sazonais de temperatura ao longo do transecto costa-oceano na plataforma rasa do Paraná. Dados obtidos entre agosto de 1997 e março de 1999.

Em todos os períodos sazonais, as salinidades médias variaram de 31 a 36 ppmil, com mínimos na superfície da zona costeira aumentando em direção ao fundo das áreas externas. Os padrões sazonais foram semelhantes aos da temperatura. Gradientes verticais foram mais acentuados na primavera e verão.

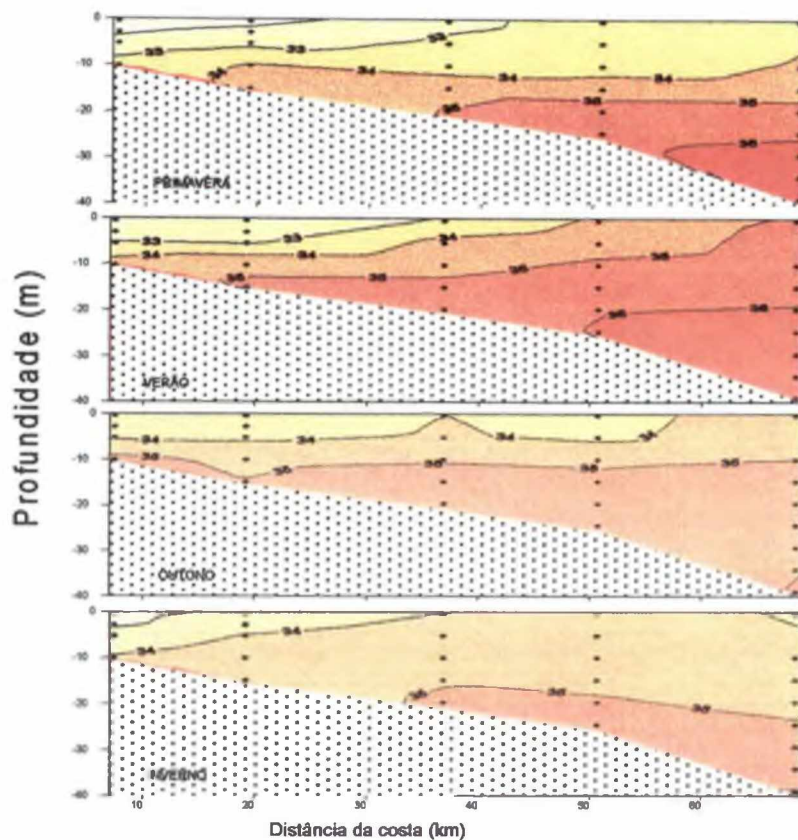


Figura 7. Distribuição vertical dos valores médios sazonais de salinidade ao longo do transecto costa-oceano na plataforma rasa do Paraná. Dados obtidos entre agosto de 1997 e março de 1999.

Concentrações médias sazonais de oxigênio dissolvido variaram de 4,2 a 5,5 ml/l, com mínimos próximo ao sedimento das áreas costeiras e máximos nas áreas externas durante o inverno. O padrão geral de distribuição vertical mostra valores elevados na superfície ou em níveis subsuperficiais, decrescendo em direção ao fundo ao longo de todo o perfil.

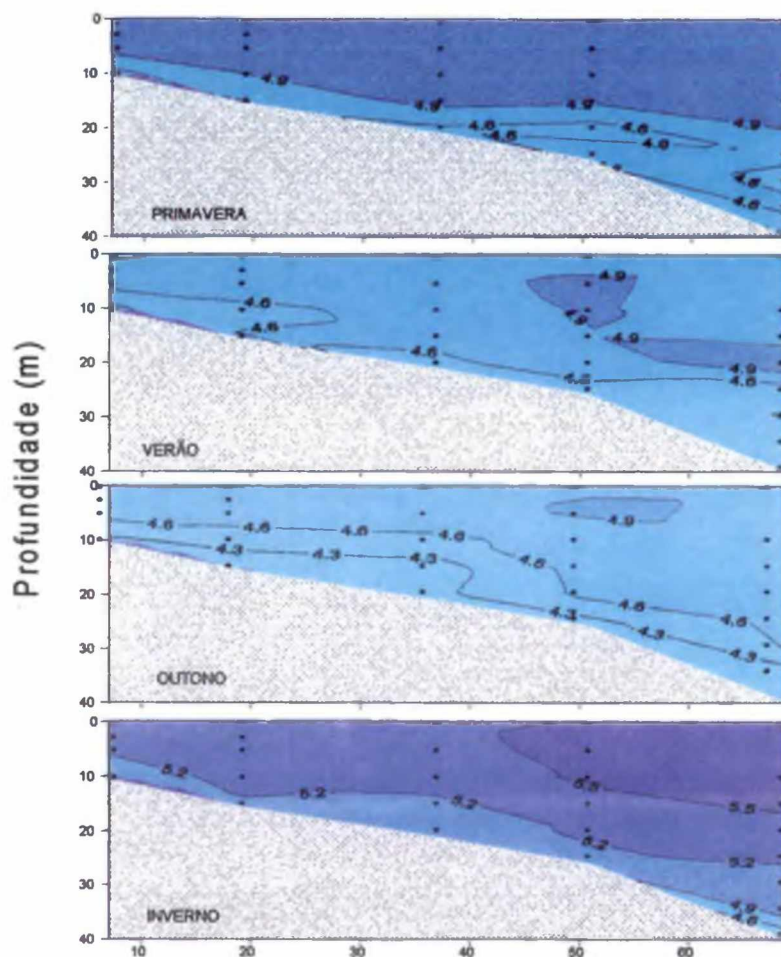


Figura 8. Distribuição vertical das concentrações médias sazonais de oxigênio dissolvido (ml/l) ao longo do transecto costa-oceano na plataforma rasa do Estado do Paraná. Dados obtidos entre agosto de 1997 e março de 1999.

Concentrações médias sazonais de clorofila-a variaram de $<0,5$ a $4 \mu\text{g/l}$, com máximos no fundo da área costeira no outono e mínimos na superfície das áreas externas em todos os períodos sazonais, mas especialmente no outono e inverno. Máximos sub-superficiais de clorofila (MSC) foram freqüentes na primavera com concentrações máximas acima de $2,5 \mu\text{g/l}$ estendendo-se desde o fundo das áreas

rasas costeiras até o nível dos 20 metros nas áreas afastadas mais profundas. No verão, os MSC's dispersaram-se na área externa, mas mantiveram-se nas áreas costeiras entre 5 e 10 metros.

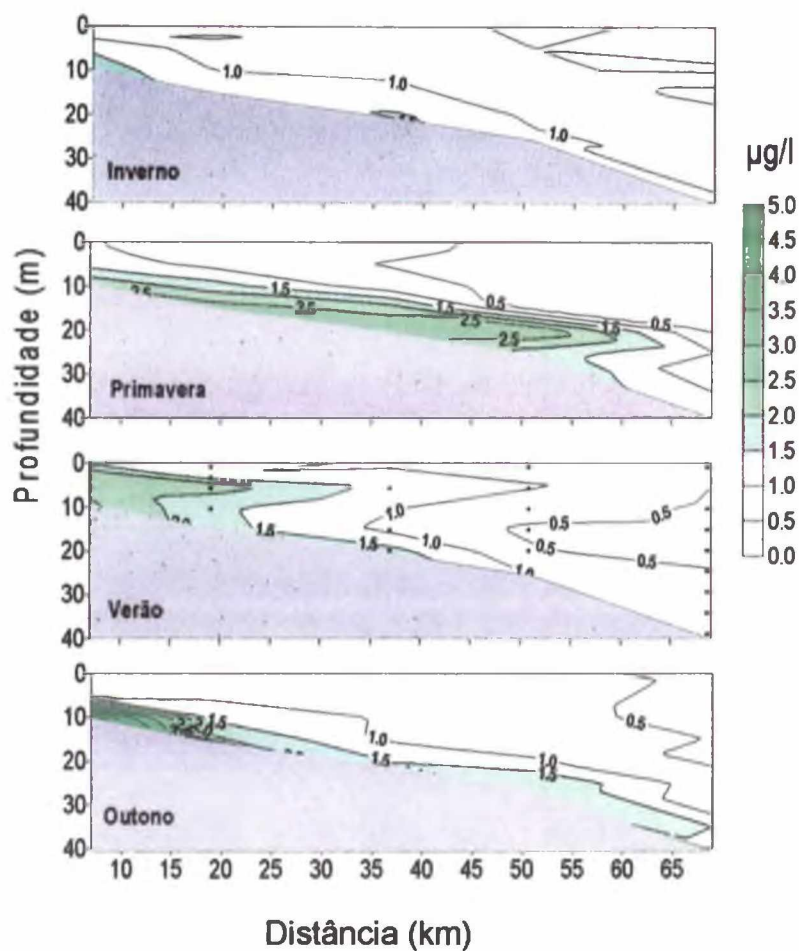


Figura 9. Distribuição vertical das concentrações médias sazonais de clorofila-a (em $\mu\text{g/l}$) ao longo do transecto costa-oceano na plataforma rasa do Paraná. Dados obtidos entre agosto de 1997 e março de 1999.

2.3.2 Comunidade epilítica

A comunidade epilítica foi bastante diversificada com 63 espécies de invertebrados sésseis. Foram identificadas 9 ascídias, 8 antozoários, 7 briozoários, 10 esponjas, 11 hidróides, 8 bivalves, 1 gastrópode, 3 cirripédios e 6 poliquetas. A flora epilítica foi dominada por pelo menos 3 espécies de Rodofíceas incrustantes não identificadas.

Os dados de abundância em % de cobertura média de invertebrados sobre os blocos de cada estação, os resultados da ANOVA e o resultado do teste Scheffé estão listados na Tabela 1. Diferenças significativas entre as médias das abundâncias ao longo do transecto foram encontradas para 50% das espécies presentes. O teste de Scheffé indicou que 68% das diferenças significativas ocorreram entre os grupos B e C. As diferenças entre as médias de abundância entre os pontos A e B e A e C contabilizaram 44 e 36%, respectivamente.

De modo geral, as comunidades dos blocos artificiais nos três pontos foram ricas e altamente diversificadas, semelhantes aos costões rochosos das ilhas costeiras adjacentes. Foram observadas 38 espécies no ponto A, 56 espécies no ponto B e 30 espécies no ponto C, com índices de biodiversidade 2,28, 2,79 e 1,66, respectivamente. Algumas espécies ocorreram exclusivamente em um dos pontos. Por exemplo, o antozoário *Zoanthus* sp foi exclusivo do ponto A. *Symplesma* sp, *Haliclona* sp, *Clytia gracilis*, *Dentitheca* sp, *Carditamera moridaria*, *Polydora* sp e os hidróides sp1, sp2 e sp3 ocorreram apenas no ponto B. *Ellisela elongata*, *Lophogorgia punicea*, *Cliona* sp, hidróide sp4 e *Balanus* cf *spongicola* foram exclusivas do ponto C.

Tabela 1. Resultados das análises de variância (GL = 11) e teste de Scheffé para as abundâncias médias (% de cobertura) das espécies registradas nos pontos A, B e C. A coluna do teste de Scheffé indica a localização das diferenças significativas. (nl = diferenças não localizadas).

estações entre parênteses

Espécies/grupo	Estações Amostrais			p	Teste de Scheffé
	A	B	C		
Algas					
Algas Incrustantes	0,3	0,5	1,0	0,348	
Tunicados					
<i>Didemnum 1- branco</i>	1,8	3,3	1,5	0,225	
<i>Didemnum 2- laranja</i>	1,1	2,5	0,6	0,156	
<i>Diplosoma listerianum</i>	0,9	0,4	0,8	0,458	
<i>Botryllus tuberatus</i>	0,3	0,6	0,0	0,223	
<i>Symplegma</i> sp.	0,0	0,8	0,0	0,011	(A-B) & (B-C)
Ascídia sp. colonial	0,0	0,4	0,2	0,208	
Ascídia sp. 1 - solitária bege	0,8	0,8	0,0	0,033	(nl)
Asciídia sp. 2 - solitária vermelha	0,5	0,6	0,0	0,073	
Ascídia sp. 3 - solitária escura	0,0	0,8	0,8	0,076	
Antozoários					
<i>Astrangia cf. rathbuni</i>	0,3	8,7	3,1	0,001	(A-B)
<i>Phyllangia cf. americana</i>	0,8	0,8	0,0	0,062	
<i>Madracis cf. decactis</i>	0,0	1,0	0,2	0,004	(A-B) & (B-C)
<i>Palythoa caribaeorum</i>	0,9	0,4	0,0	0,251	
<i>Zoanthus</i> sp.	0,3	0,0	0,0	0,379	
<i>Carijoa riisei</i>	1,5	0,4	0,0	0,035	(nl)
<i>Elisela elongata</i>	0,0	0,0	0,5	0,037	(A-B) & (B-C)
<i>Lophogorgia punicea</i>	0,0	0,0	0,3	0,160	
Bryozoários					
Bryozoa sp. 2 incrustante	0,3	1,0	0,0	0,015	(B-C)
Bryozoa sp. 1 incrustante	0,8	0,0	0,6	0,103	
<i>Schyzoporella</i> sp.	0,2	1,2	0,6	0,049	(nl)
<i>Bugula</i> sp.	1,2	2,5	0,0	0,001	(B-C)
Bryozoa sp. 1 Arborecente	1,3	0,5	0,0	0,055	
Bryozoa sp. 2 arborecente	0,3	0,4	0,0	0,257	
Bryozoa sp. 3 arborecente	0,0	3,4	3,5	0,025	(nl)
Hidrozoários					
<i>Halocordyle disticha</i>	2,6	3,2	0,8	0,152	
<i>Bougainvillia rugosa</i>	1,0	1,3	0,0	0,076	
<i>Clytia gracilis</i>	0,0	1,1	0,0	0,033	(nl)
<i>Dentitheca</i> sp.	0,0	1,5	0,0	0,000	(A-B) & (B-C)
<i>Dynamena</i> sp.	1,2	1,3	0,0	0,1324	
<i>Obelia</i> sp.	2,3	2,7	0,0	0,008	(A-C) & (B-C)
<i>Sertularia</i> sp.	0,8	1,7	0,0	0,051	
Hidróide sp. 1	0,0	1,4	0,0	0,013	(A-B) & (B-C)
Hidróide sp. 2	0,0	0,4	0,0	0,092	
Hidróide sp. 3	0,0	0,4	0,0	0,049	(nl)
Hidróide sp. 4	0,0	0,0	2,8	0,000	(A-C) & (B-C)

Tabela 1. Continuação.

Espécies/grupo	Estações Amostrais			p	Teste de Scheffé
	A	B	C		
Porifera					
<i>Mycale</i> sp.	0,0	1,0	0,3	0,005	(A-B)
<i>Mycale</i> (carmia)					
<i>microstigmata</i>	0,2	1,3	0,3	0,064	
<i>M. (carmia)magnirhaphidifera</i>	0,0	0,8	0,8	0,195	
<i>Haliclona</i> sp.	0,0	1,0	0,0	0,004	(A-B) & (B-C)
<i>Cliona</i> sp.	0,0	0,0	1,2	0,000	(A-C) & (B-C)
<i>Tedania</i> sp. laranja	0,0	0,0	5,4	0,001	(A-C) & (B-C)
Esponja sp. 1 reticulada	0,8	0,7	0,0	0,044	(nl)
Esponja 2 cinza	10,2	18,1	5,8	0,016	(B-C)
Esponja 3 marrom	0,0	0,6	1,3	0,198	
Esponja 4 amarela	0,0	7,4	4,3	0,024	(A-B)
Bivalvia					
<i>Ostrea</i> sp.	4,0	6,5	1,9	0,002	(B-C)
<i>Spondilus americanus</i>	0,1	0,9	0,0	0,045	(nl)
<i>Arca imbricata</i>	0,4	1,3	0,0	0,005	(B-C)
<i>Modiolus carvalhoi</i>	0,3	0,8	0,2	0,162	
<i>Carditamera moridaria</i>	0,0	0,4	0,0	0,092	
<i>Chama</i> sp.	0,3	0,8	0,0	0,045	(nl)
<i>Pteria</i> sp.	0,0	1,2	0,1	0,002	(A-B) & (B-C)
<i>Nodipecten nodosus</i>	0,2	0,8	0,0	0,074	
Gastropoda					
<i>Crepidula</i> sp.	0,8	0,7	0,0	0,029	(nl)
Cirripedia					
<i>Megabalanus</i> sp.	0,0	0,7	0,4	0,165	
<i>Balanus</i> cf. <i>spongicola</i>	0,0	0,0	37,2	0,000	(A-C) & (B-C)
<i>Chthamalus bisinuatus</i>	7,1	1,3	0,0	0,000	(A-B) & (A-C)
Polychaeta					
Chaetopteridae sp. 1	0,6	0,3	0,0	0,068	
Polychaeta sp.1 tubo arenoso	2,9	0,4	0,0	0,020	(A-C)
Polychaeta sp. 2 tubo membran.	0,0	0,6	0,6	0,073	
Polychaeta 3 tubo agregados	0,3	0,6	0,0	0,098	
<i>Polydora</i> sp.	0,0	0,2	0,0	0,127	
Serpulidae	7,3	2,5	0,6	0,001	(A-B) & (B-C)

A % de cobertura dos organismos dominantes que ocorreram em pelo menos dois pontos está representada nos gráficos da figura 10.

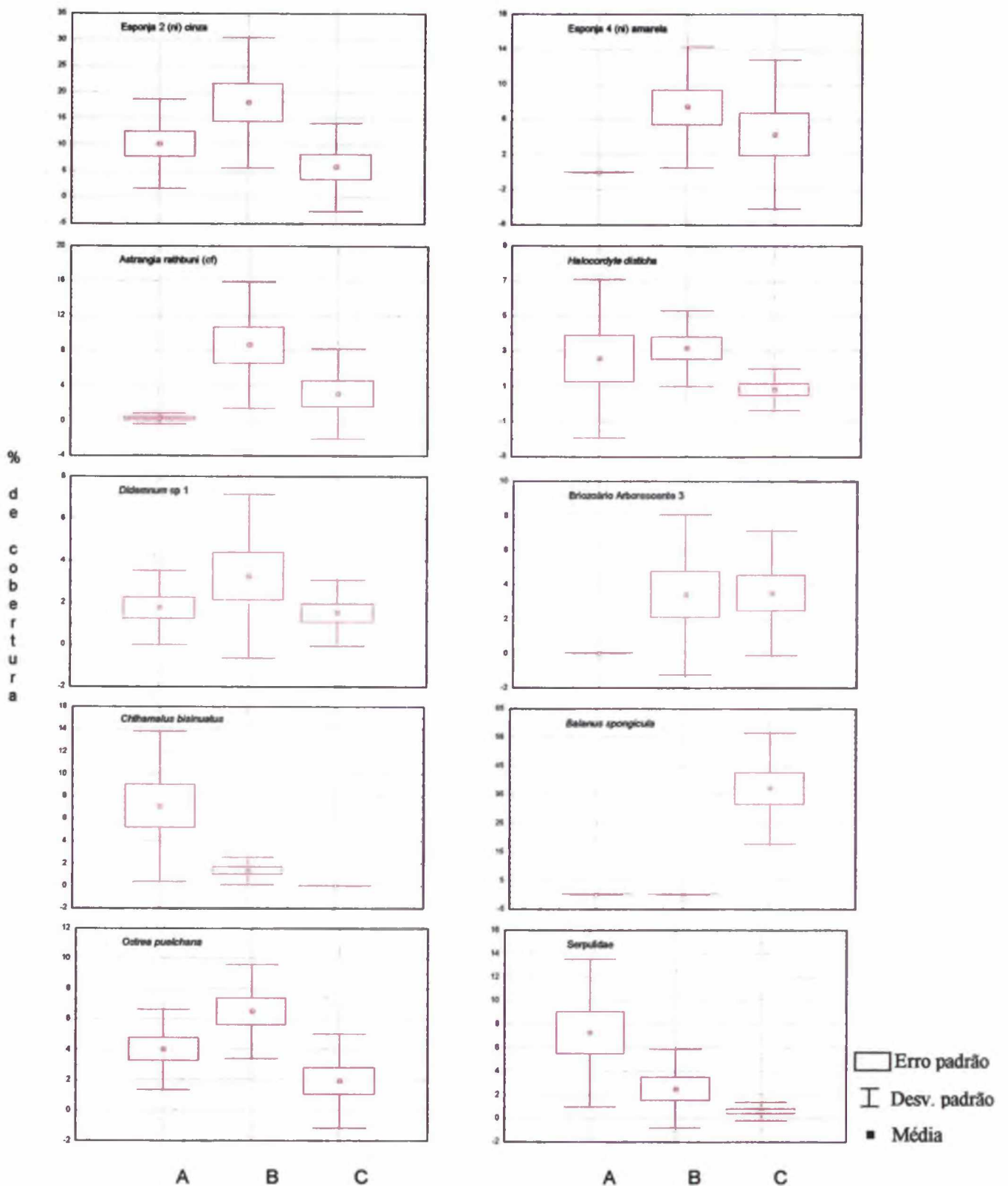


Figura 10. Porcentagem de cobertura dos organismos dominantes nos substratos experimentais nos pontos A, B e C, distribuídos ao longo de um transecto oceanográfico costa-oceano, amostrados em janeiro de 1998. N=12

Alguns padrões distintos de distribuição espacial puderam ser observados. Por exemplo, *Chthamalus bisinuatus* e poliquetas serpulídeos ocorreram em ordem decrescente desde o ponto A na parte rasa costeira até o ponto C, mais fundo e distante da costa. *Astrangia cf. rathbuni*, *Didemnum sp.1*, *Ostrea puelchana* e as espécies dominantes de esponjas foram mais bem sucedidas na porção intermediária representada pelo ponto B e pouco abundantes nos pontos A e C, nos extremos do perfil. O briozoário arborescente sp3 ocorreu com desempenho semelhante nos pontos B e C mas não teve sucesso no ponto A. Um padrão isolado foi observado no caso de *Balanus cf spongicola* que, como mencionado anteriormente, ocorreu exclusivamente no ponto C. A contribuição relativa de cada espécie dos demais grupos foi sempre abaixo dos 5%. Entretanto, juntos colonizaram mais de 50% do espaço nos blocos do ponto B, onde a diversidade e abundância total foi maior.

Os resultados das análises de agrupamento mostram a formação de 3 grupos bem definidos, ao nível de 40%, cada um, composto pelas amostras de pontos distintos ao longo do transecto. Duas exceções foram: uma foto-amostra do ponto C e uma do ponto A. Estas amostras foram marginalmente dissimilares (38%) em relação aos grupos descritos acima. Os resultados destas análises são apresentados na figura 11.

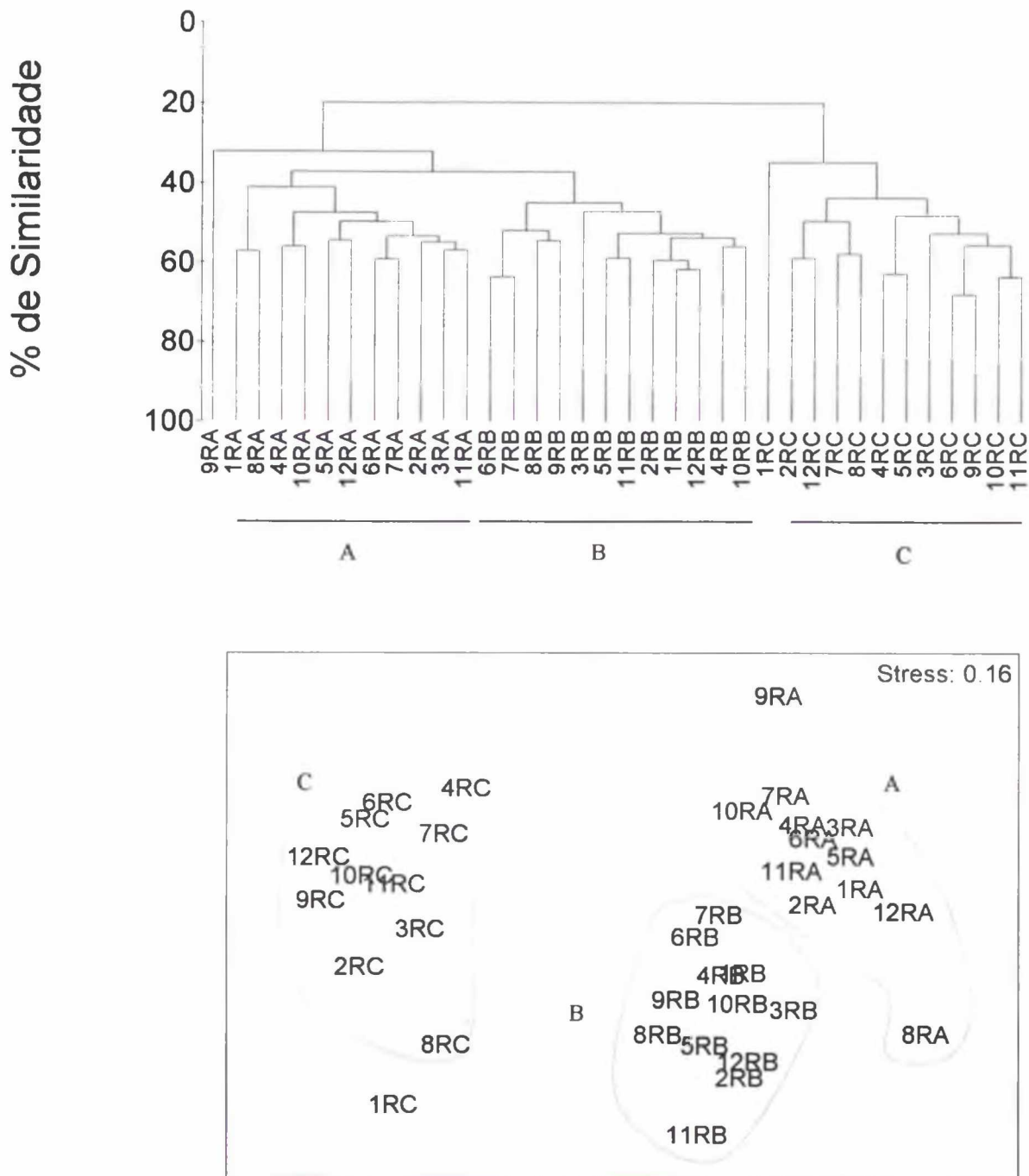


Figura 11. Análise de similaridade (dendrograma) e ordenamento (n-MDS) dos dados da comunidade dos três habitats artificiais (A, B e C) ao longo do transecto costa-oceano.

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1. Hidrografia

As variações na estrutura física nesse setor mais raso da plataforma continental seguiram padrões sazonais bem definidos e associados ao regime climático. Em escala geográfica, as alterações da estrutura oceanográfica na plataforma da região Sueste, e suas causas principais são bem conhecidas (Castro-Filho *et al.*, 1987; Castro-Filho & Miranda, 1998) e foram discutidas no Capítulo I. O vento é o principal fator. No inverno, os ventos de sudoeste são constantes e o transporte de Ekman das águas de plataforma em direção à costa, mantém a ACAS afastada da costa. Nesses períodos, as características físico-químicas da coluna de água são mais homogêneas. No início da primavera, com a maior incidência dos ventos de nordeste, o transporte de Ekman se reverte deslocando águas de plataforma para fora. Nesses períodos, os gradientes ambientais se intensificam em função da estratificação térmica vertical acentuada com a penetração da ACAS em direção à costa. As intrusões da ACAS fertilizam a base da zona eufótica, estimulando o crescimento do fitoplâncton e, conseqüentemente, a formação de máximos sub-superficiais de clorofila (MSC) (Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990). A matéria orgânica produzida nos MSC tende a sedimentar e se acumula no fundo nos meses de verão até o outono. Nesse período, as concentrações de clorofila são mínimas na superfície e as máximas ocorrem próximo ao sedimento marinho. A importância desse material como alimento para as comunidades bênticas ainda não foi avaliada. No inverno, a persistência dos ventos de sudoeste novamente

homogeneizam as condições ambientais e preparam o ecossistema da plataforma para um novo ciclo de produção.

Em escala regional, a drenagem continental, associada à pluviosidade, afeta os padrões de variação sazonal dos fatores hidrográficos junto à costa. Em geral, a precipitação é maior entre outubro e março (ver gráfico pluviométrico no Capítulo I), aumentando a turbidez e diminuindo a salinidade na superfície. Em dias calmos, o material particulado em suspensão tende a sedimentar rapidamente, concentrando-se nas áreas costeiras representadas pelo ponto A. A zona eufótica estimada com os dados do disco de Secchi, é quase sempre mais extensa do que a profundidade local. Entretanto, durante os mergulhos foram observadas zonas de máxima turbidez junto ao fundo nos meses de maior precipitação, diminuindo consideravelmente a visibilidade e a incidência de luz nos blocos do ponto A. Além da sedimentação de material particulado de origem terrígena, a ressuspensão do fundo é constante devido à turbulência das ondas e marés. Zonas de alta turbidez também foram freqüentes no ponto C, mais distante da costa. Entretanto, a formação desses máximos de turbidez pode ter origem distinta dos máximos de turbidez das áreas mais rasas, provavelmente associadas à formação de agregados orgânicos oriundos dos MSC.

Os testes t de Student não pareados, com o agrupamento de dados hidrográficos similares, mostram a setorização hidrográfica ao longo do transecto: um setor com características costeiras diretamente afetado pela drenagem continental, com baixas salinidades e menor transparência; um setor externo com salinidades mais elevadas, maior transparência e menos clorofila (exceto nos MSC);

e um setor intermediário com características ambientais mistas entre os setores costeiro e externo.

2.4.2 Comunidade epilítica

A metodologia de fotoquadrados utilizando uma área amostral pequena, mostrou ser eficiente para a quantificação e identificação no nível de Família, Gênero e até de espécie. A resolução taxonômica depende do tipo (forma de crescimento), do tamanho e do grau de conhecimento e familiaridade da fauna do infralitoral. Vários organismos classificados no nível de espécie foram confirmados antes das análises fotográficas. Desta forma, a existência de levantamentos mais abrangentes e de coleções de referência poderiam aumentar o grau de precisão taxonômica. Como este não é o caso, pois este estudo é o primeiro levantamento envolvendo a fauna epilítica em diferentes níveis batimétricos na plataforma rasa e média do Estado do Paraná, pode-se esperar maior grau de incerteza na classificação dos organismos. De qualquer modo, metodologias não destrutivas, utilizando fotoamostras (Bohnsack, 1976; Svane & Grondahl, 1988; Bull & Kendall, 1999) e mais recentemente de video-amostras (Vorberge & van Bermen, 1998) têm sido amplamente utilizadas em levantamentos e monitoramento da biota sésil e vágil. Em muitos casos, dadas as limitações de tempo de mergulho, em certas profundidades e condições físicas do mar, esta é a única forma de coleta eficiente em relação ao número de amostras e qualidade do material.

O desempenho dos blocos de concreto como novo habitat em uma região desprovida de substrato consolidado pode ser avaliado pela porcentagem do espaço colonizado em cada ponto, índice de diversidade, bem como pela contribuição relativa de cada grupo para a comunidade epilítica. Os resultados nos 3 pontos foram distintos e mostram diferenças significativas entre as porcentagens de cobertura média dos substratos experimentais (Figura 12). As análises de variância e de ordenação dos pontos de coleta, utilizando-se grupos médios de pares não ponderados de coeficientes de dissimilaridade de Bray-Curtis, mostrou consistentemente as diferenças entre os 3 habitats artificiais no nível de 40%. Essas diferenças devem estar associadas às condições ambientais nos setores costeiro, intermediário e externo representados pelos pontos A, B e C, respectivamente. Os blocos do ponto A foram menos colonizados, com 66,7% de área ocupada. Os blocos do ponto B foram altamente colonizados, com 96,6% de área ocupada, e 77,4% da área dos blocos do ponto C foram colonizados. Em todos os casos, foi possível identificar marcas e indícios de colonização anterior nas áreas não colonizadas.

A porção intermediária representada pelo ponto B mostrou o melhor desempenho em relação à diversidade e riqueza de espécies, quando comparada com os demais pontos amostrais. O número de espécies neste ponto foi quase duas vezes maior do que nos demais. Nesta comunidade a esponja sp.2 também apresentou a maior porcentagem de cobertura (18,1%), seguida pelo antozoário *Astrangia rathbuni* (8,7%). Porém, devido à maior riqueza e distribuição das abundâncias de espécies, o índice de equitabilidade (J') não apresentou uma redução acentuada. Comparando-se a composição taxonômica e abundâncias das

comunidades amostradas no ponto B com as dos períodos finais de colonização dos painéis experimentais do Capítulo IV, instalados na mesma isóbata, pode-se verificar tendências semelhantes no desenvolvimento destas comunidades, embora as amostragens tenham ocorrido em períodos distintos, com diferenças na inclinação e no tamanho das superfícies amostrais. Assim, pode-se considerar uma convergência da comunidade desta isóbata para uma composição e estrutura similares.

O padrão de abundância refletiu na menor equitabilidade do ponto C, que apresentou valor baixo, indicando maior dominância de alguns grupos. Neste caso, o organismo dominante foi *Balanus cf. spongicola* que apresentou cobertura média de 37,2%, seguido pelos porífera Esponja 2 (com 5,8%), *Tedania* sp (5,4%) e Esponja 4 (4,2%). Na comunidade do ponto mais raso (A), a dominância foi baixa ($J=0,83$), sendo a maior ocupação, de 10,2% de cobertura, alcançada por uma espécie de esponja não identificada (esponja 2 cinza).

Os resultados desse trabalho mostram o melhor desempenho de recifes artificiais como novos habitats para comunidades epilíticas marinhas, na isóbata de 18 metros.

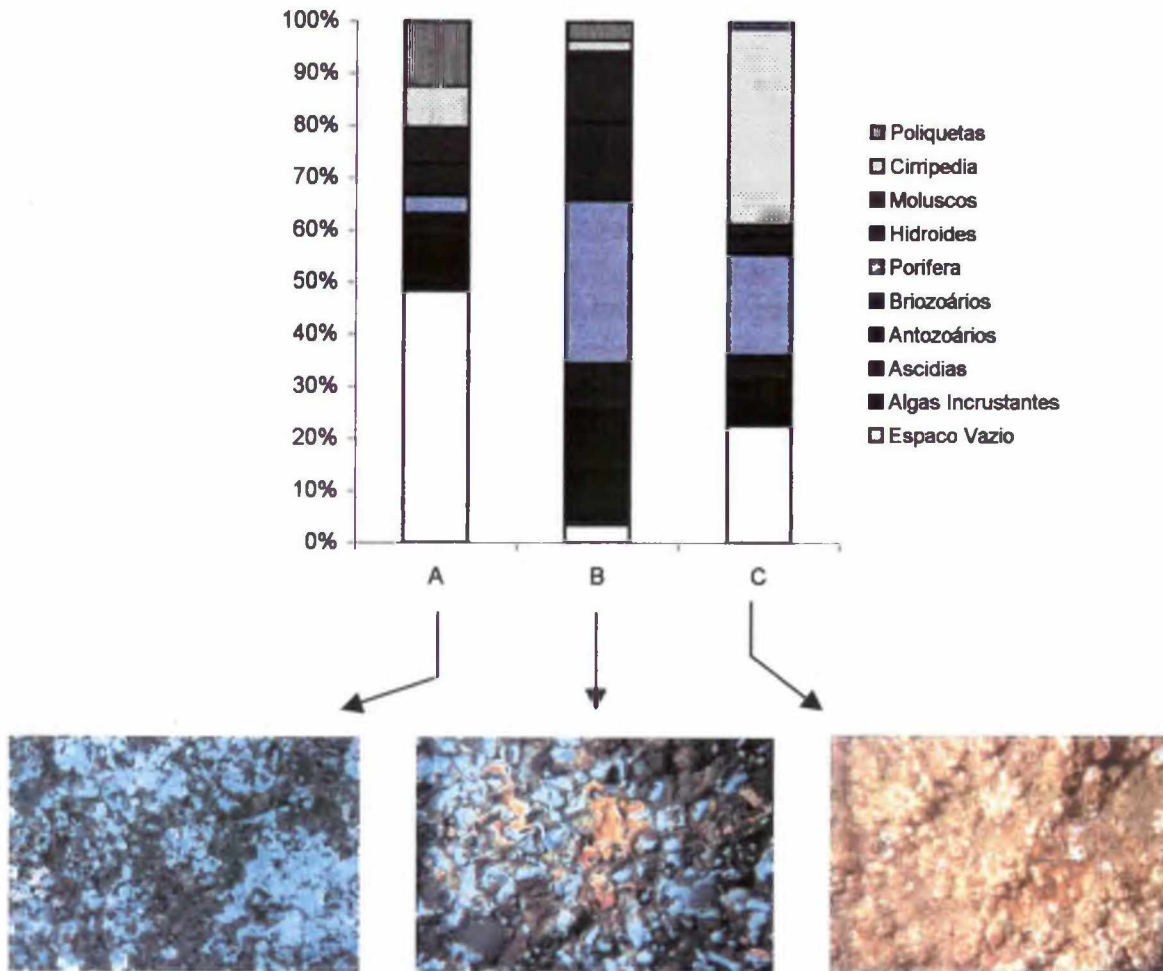


Figura 12. Abundância média (% de cobertura) dos grupos dominantes nos substratos experimentais dos pontos A, B e C, e imagens das respectivas comunidades.

A influência da sedimentação inorgânica, possivelmente de origem terrígena, pôde ser facilmente observada sobre os substratos artificiais durante mergulhos na isóbata de 10 metros (ponto A), assim como inferida pelas informações de turbidez (Figura 5). O ponto C, embora distante da costa, também apresenta uma característica de sedimentação elevada, porém de origem orgânica tais como fitodetritos, pelotas fecais e outras partículas orgânicas. Neste ponto, devido à maior altura da coluna d'água e à formação de máximos sub-superficiais de clorofila, ocorre

um "empilhamento" do material particulado em suspensão junto ao fundo. As superfícies dos habitats artificiais e dos fundos naturais neste ponto se comportam como "armadilhas de sedimento", com constantes ressuspensão do material depositado, causando um potencial estresse sobre as comunidades epibênticas locais. O fluxo de matéria orgânica em pulsos oriundos dos "blooms" sazonais de fitoplâncton, pode influenciar na estruturação da comunidade epibêntica e de seus ciclos reprodutivos. Grassle & Morse-Porteous (1987), mostram que o aumento experimental de matéria orgânica para comunidades filtradoras de áreas profundas, geralmente levam à dominância por organismos oportunistas, causando a diminuição da diversidade e eqüitatividade.

Alguns estudos sugerem que substratos artificiais, instalados em áreas de deposição de materiais particulados, apresentam comunidades mais pobres do que os substratos artificiais de áreas de águas mais límpidas (Baynes & Szmant, 1989; Miller & Falace, 2000). Kjeilen et al. (1995) mostram que em estruturas artificiais de grande porte vertical, as comunidades que ocupam as porções acima da zona de turbidez de fundo, são mais complexas e diversificadas, sugerindo que junto ao fundo existe maior estresse ambiental, causado pelo acúmulo de material particulado e a existência de espécies oportunistas mais tolerantes à sedimentação.

Devido ao bloqueio da penetração da luz, substratos artificiais ou naturais, localizados abaixo de 30 metros de profundidade, suportam produtividade primária baixa, principalmente em áreas de alta turbidez e sedimentação, influenciando na estruturação da comunidade epibêntica (Valiela, 1995). Durante os mergulhos e em dados de trabalhos desenvolvidos na mesma região (Capítulo IV), observou-se que produtores primários epilíticos foram registrados somente no ponto B.

As fontes de suprimento larval para cada um dos pontos estudados, embora não avaliada neste trabalho, também podem influenciar na composição das comunidades. Uma vez que os três pontos amostrais se encontram em regiões distantes um dos outros, existe a possibilidade de ocorrência de diferentes fontes de suprimento larval. Algumas das fontes diferenciadas de suprimento larval podem ser: a pluma estuarina que sai da Baía de Guaratuba rumo ao norte, alcançando constantemente o ponto A; a Ilha de Currais, próxima do ponto B; e correntes do quadrante sul-sudeste predominando sobre o ponto C.

As informações geradas neste estudo sugerem a existência de níveis diferenciados de distúrbios ambientais para os três pontos analisados, e que podem ter influenciado no desenvolvimento de comunidades diferenciadas ao longo do transecto costa-oceano. A região mais rasa (ponto A) é mais afetada por distúrbios físicos, fortes e periódicos, tais como correntes, turbulência e influência de ondas, além da sedimentação e resuspensão intensas. A área intermediária apresenta níveis médios de distúrbios, concordando com a hipótese de distúrbio intermediário proposto por Sousa (1979), e assim proporciona o desenvolvimento de comunidades mais diversas e equitativas. O ponto mais profundo (C) apresentou distúrbios em picos sazonais, relacionados com o acúmulo de matéria orgânica junto ao fundo.

Do ponto de vista ecológico, este trabalho contribuiu fornecendo as descrições pioneiras das comunidades do infralitoral e do comportamento hidrográfico ao longo do gradiente batimétrico. Este primeiro levantamento da fauna epilítica na plataforma rasa e média do Estado do Paraná, demonstra que novos assentamentos de habitats para a conservação costeira, devem considerar o maior potencial de diversidade da biota epilíticas no setor intermediário da plataforma rasa.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAR, E.S.; COLLINS, G.B. 1992. **Using the Turner Designs 10 AU fluorometer with EPA method 445.0: "In Vitro Determination of Chlorophyll a and Phaeophytin a in marine and Freshwater Phytoplankton by Fluorescence"**. Version 1.1. Environmental Monitoring Systems Laboratory. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268. 14 pp.
- BAYNES, T.W.; A.M. SZMANT. 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. **Bull. Mar. Sci.** 44 (2): 545-566.
- BOHNSACK, J.A. 1976. **An investigation of a photographic method for sampling hard-bottom benthic communities**. Coral Gables. 187 f. Thesis - Biological Science Department, University of Miami.
- BOHNSACK, J.A. 1979. Photographic quantitative sampling of hard-bottom benthic communities. **Bull. Mar. Sci.** 29(2): 242-252.
- BRANDINI, F.P. 1990. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off Southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia** 196 (2): 111-148.
- BRANDINI, F.P.; C.L.B. MORAES; C.A.C. THAMM. 1989. Shelf break upwelling, subsurface maxima of chlorophyll and nitrite, and vertical distribution of a subtropical nano- and microplankton community off southeastern Brazil. In: BRANDINI, F.P. (Ed.). **Memórias do III Encontro Brasileiro de Plâncton**, Caiobá (PR): 47-55.
- BULL, A. S.; KENDALL, J.J. 1999. An indicator of the process: offshore platforms as artificial reefs in the Gulf of Mexico. **Bull. Mar. Sci.** 55(2-3): 1086-1098.
- CAMPOS, E.J.D.; IKEDA, Y.; CASTRO FILHO, B.M.; GAETA, S.A.; LORENZZETTI, J.A. & STE, M.R. 1996. Experiment studies circulation in the Western South Atlantic. *Eos, Transactions, Am. Geophys. Union* 77(27):253-259.
- CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A.R.; BRINK, K.H. (Eds.). **The Sea**, John Wiley Sons, Inc., vol. 11, cap. 8. p. 209-251.
- CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B.; MIYAO, S.Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em escala média. **Bolm Inst. Oceanogr. S. Paulo** 35 (2), p.135-151.

- DITTON, R.B.; GRAEFE, A.R. 1978. **Highlights: recreational fishing use of artificial reefs on the Texas Coast**. TAMU, Texas Coastal and Marine Council, Austin, Texas, Senator A.R.Schwartz, Chairman.
- DUCLERC, J.; DUVAL, C. 1986. Les recifs artificiels en Méditerranée française. **Equinoxe** 11: 27-31.
- FAO. 1990. Report of the First Session of the Working Group on Artificial Reefs and Mariculture. In: **FAO Fisheries Report 428**, Ancona, 1989.
- GRASSLE, J.F.; L.S. MORSE-PORTEOUS. 1987. Macrofaunal colonization of disturbed deep-sea environments and the structure of deep-sea benthic communities. **Deep-Sea Res.** 34:1911-1950.
- HUECKEL, G.J.; BUCKLEY, R.M.; BENSON, B.L. 1989. Mitigating Rocky Habitat Loss Using Artificial Reefs. **Bull. Mar. Sci.** 44 (2):913-922.
- KJEILEN, G.; J.P. AABEL; M. BAINE; G. PICKEN. 1995. Platforms as artificial reefs - advantages and disadvantages, a case study. Pages 513-518. In: **Proceedings, International Conference on Ecological System Enhancement Technology for Aquatic Environments**. Japan International Marine Science and Technology Federation, Tokyo.
- LINDBERG, W.J. 1996. **Fundamental design parameters for artificial reefs: Interaction of patch reef spacing and size**. Final Project Report - Grant C-6729. The Office of Fisheries management and Assistance Services, Division of Marine Resources, Florida Department of Environmental Protection.
- LOYA, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat. **Red Sea. Mar. Biol.** 13:100-123.
- MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (RS). **Ciência e Cultura** 38(8):1439-1450.
- MATSUURA, Y. 1995. Exploração Pesqueira. In: **Os Ecossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento**. Subsídios ao planejamento da gestão ambiental -Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente. Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA - Brasília, MMA, p.39-47.
- MCINTOSH, G.S. 1981. **A concept for artificial reefs as fishery management tools in the United States**. Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, vol.1:99-103.
- MILLER, M.W.; A. FALACE. 2000. Evaluation methods for trophic resource factors - nutrients, primary production and associated assemblages. In: **Artificial reef**

- evaluation, with application to natural marine habitats.** William Seaman Jr. Ed. 95-126 USA: CRC Publ.
- MOTTET, M.G. 1986. Enhancement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan. In: D'ITRI, F.M. (Ed.). **Artificial Reefs** USA: Lewis Publ. Inc.
- PAIVA, M.P. 1997. **Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhas do Brasil.** Fortaleza, PNMA- Brasília, MMA, *EUFC*, 278 p.
- RISK, M.J. 1981. Artificial Reefs in Discovery Bay, Jamaica. **Atoll Res. Bull.** 255:91-100.
- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. 1972. Determination of dissolved oxygen. A Practical Handbook of Seawater Analysis. **Fish. Res. Bd. Canada Bull.** 1.3.(167): 21-26.
- SVANE, I.; GRÖNDAHL, F. 1988. Epibiosis of Gullmarsfjorden: an underwater stereophotographic transect analysis in comparison with the investigations of Gislén in 1926-1929. **Ophelia** 28(2): 95-110.
- VORBERG, R.; VAN BERNEM, K. 1998. Application of underwater video and imaging sonar in ecological investigations in the subtidal zone of the Wadden Sea. **Arch. Fish. Mar. Res.** 46(3): 195-203.
- VALIELA, I. 1995. **Marine Ecological Processes.** 2nd. Ed. Springer-Verlag, New York. 112 pp.

CAPÍTULO III

ESTRUTURA E DINÂMICA TEMPORAL DE COMUNIDADES EPILÍTICAS DO INFRA-LITORAL DA PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ

3.1 INTRODUÇÃO

A ecologia de comunidades epilíticas do infralitoral é pouco estudada quando comparada com comunidades de costões rochosos da zona de entremarés (Witman & Dayton, 2001). Embora os estudos de entremarés tenham fornecido muitos dos fundamentos para a ecologia marinha experimental (Hatton, 1938; Connell, 1961; Paine, 1966; Menge & Branch, 2001), são necessários estudos específicos no infralitoral para melhor compreender a estrutura e funcionamento destas comunidades (Peterson & Estes, 2001).

O interesse em pesquisas sobre a ecologia de comunidades epilíticas do infralitoral é relativamente recente no Brasil (ver revisão de Lana *et al.*, 1996). Estudos têm sido desenvolvidos com maior frequência em substratos naturais e artificiais de ambientes estuarinos e enseadas abrigadas (Masunari & Forneris, 1981; Jacobi, 1987, 1993; Masunari, 1987; Eston & Bussab, 1990; Correa & Loyola e Silva, 1990; Rocha, 1989, 1991; Zalmon *et al.*, 1991; Haddad, 1992; Sgrott Sauer Machado *et al.*, 1992; Absalão, 1993) e com menor frequência em ambientes do infralitoral exposto (Coutinho & Costa, 1995; Silva *et al.*, 1997; Brandini & Silva, 2000; Haddad & Chiaverini, 2000).

Devido às dificuldades metodológicas nas coletas na zona infralitoral, a maioria desses trabalhos são descritivos e os padrões da variação temporal da estrutura destas comunidades, principalmente nos ambientes mais profundo ainda são pouco conhecidos. O conhecimento mais consistente sobre a fauna e a flora do infralitoral concentra-se nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, envolvendo estudos experimentais e descritivos (Eston *et al.*, 1986; Jacobi, 1987; Coutinho & Yoneshigue, 1988; Hajdu, 1991; Hajdu & Boury-Esnault, 1991; Zalmon *et al.*, 1991; Coutinho *et al.*, 1992; Absalão, 1993; Migotto, 1993; Rodrigues & Rocha, 1993; Coutinho & Costa, 1995; Lerner, 1996).

No Estado do Paraná, as comunidades epilíticas do infralitoral consolidado são pouco conhecidas devido à escassez de substratos rochosos em áreas de fácil acesso. As ilhas costeiras Currais, Itacolomis e Figueira, localizadas na isóbata de 20 metros na plataforma rasa, estão distantes do impacto antrópico direto, mas são desabrigadas e de difícil acesso. O primeiro levantamento qualitativo da megafauna bêntica de ilhas costeiras do Estado do Paraná foi desenvolvido por Borzone (1994), concentrando-se principalmente nos elementos mais conspícuos das comunidades do infralitoral raso.

Os estudos do infralitoral rochoso tendem a ser desenvolvidos em locais de fácil acesso e, às vezes, próximos a centros urbanos que, em contrapartida, são mais impactados e com maior grau de influência estuarina. Além da dificuldade de acesso, existem problemas metodológicos associados às coletas e observações no infralitoral de ambientes mais afastados da área costeira; primeiro, o tempo de coleta *in situ* é escasso, pois depende de mergulho autônomo; segundo, a eficiência das coletas destrutivas das comunidades de substratos naturais pode ser questionada,

pois causam perdas de material biológico, com implicações nas análises de abundância e estrutura das comunidades e perda de qualidade para a identificação.

Em geral, as descrições quantitativas das comunidades incrustantes de habitats consolidados baseiam-se em observações *in situ* dos organismos mais conspícuos (Falace & Bressan, 1999; Bohnsack, 1979) e a complexidade micro-espacial e tridimensional de comunidades epibênticas é subestimada (Dalh, 1973) bem como suas interações tróficas (Miller & Falace, 2000).

O uso experimental de substratos artificiais é adequado para estudos ecológicos de comunidades incrustantes, pois possibilita o controle das características físicas do substrato primário, tais como espaço disponível à colonização, volume, rugosidade, inclinação e aspectos químicos da superfície (Konno, 1985; Walters & Wetthey, 1986; Hay, 1996). Além disso, esses substratos possibilitam a análise detalhada da complexidade estrutural das comunidades incrustantes, subsidiando análises mais profundas da estrutura e das relações tróficas nestas comunidades, uma vez que espécies de pequeno porte, semi-crípticas e basebiontes utilizam os micro-espços produzidos durante a colonização (Kakimoto *et al.*, 1999).

O objetivo deste trabalho é estudar o desenvolvimento das comunidades epilíticas de substratos artificiais, considerando sua estrutura tridimensional e a variação temporal dos grupamentos sésseis.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na porção mediana do litoral paranaense, a 12 km da costa, junto a um pequeno afloramento rochoso cristalino, denominado Ilhas Currais (Figura 1). A porção submersa nas adjacências desta área caracteriza-se pela sedimentação marinha de material arenoso com granulação constituída predominantemente de areias finas ou médias (0,125 - 0,5 mm) e inclinação inferior a 2° (Bigarella *et al.*, 1978).

As Ilhas Currais são um agrupamento de 3 pequenas ilhotas rochosas dispostas perpendicularmente à linha de costa. A ilha localizada mais a leste é a maior do agrupamento e na parte sul desta foram realizados os experimentos (Figura 1 - detalhe).

A porção infralitoral ao redor das Ilhas é ocupada por blocos de rochas irregulares de vários tamanhos. Na porção oeste da ilha maior, é facilmente notada uma enseada recoberta de seixos e grandes blocos na parte rasa em dias de água limpa. Esta formação rochosa com seixos e rochas arredondadas estende-se até a profundidade de 12 metros. A partir daí, fundos de areias finas dominam. Nas áreas submersas das porções norte, leste, e sul da ilha maior, observa-se blocos irregulares até a porção arenosa a 18 metros de profundidade. A porção mais rasa desta área é dominada por rodofíceas, algas calcárias incrustantes e monopólios de antozoários.

A comunidade incrustante da parte mais profunda (13-18m), é dominada paisagisticamente por uma complexa assembléia de algas de pequeno porte, tunicados didemnídeos, esponjas, ostras, hidróides, colônias de antozoários e outros organismos menos conspícuos.

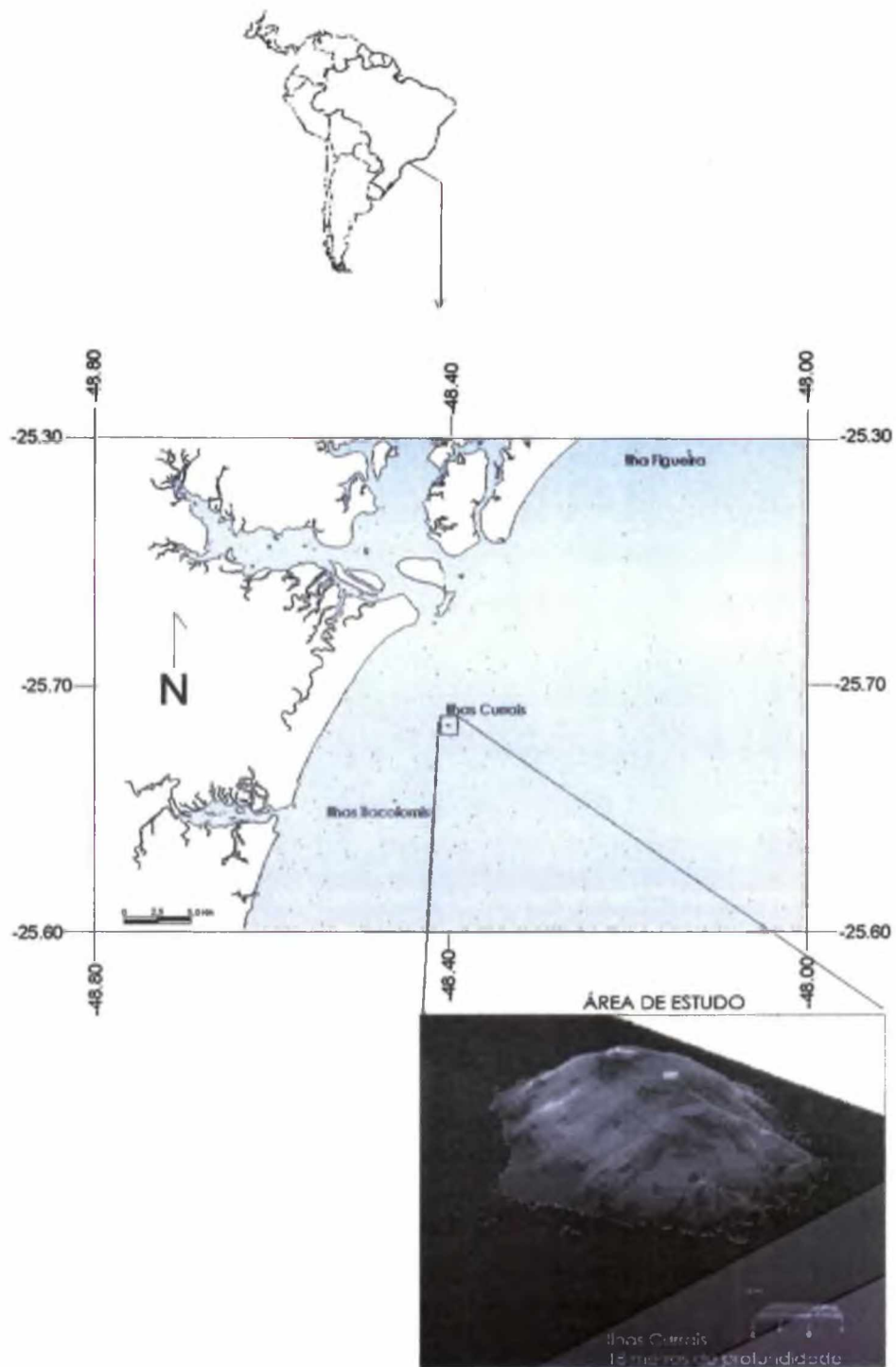


Figura 1. Plataforma rasa do Estado do Paraná e detalhe de localização da área de estudo (a).

As marés são semidiurnas, caracterizadas como micromarés, com amplitudes de sizígia inferiores a 2m. A direção das ondas varia entre 74 e 147 graus, com altura máxima mensal de 2,35 m e podendo atingir 3,95m (quadrante E-SE e SE) nos meses de setembro e outubro. Ventos leste e sul predominam com frequências de 8,5% e 9,3% respectivamente, para as velocidades superiores a 6 m/s na primavera (37,4%) e verão (31,6%) (Dados da estação meteorológica do CEM/UFPR).

O comportamento hidrográfico de áreas adjacentes foi analisado em caráter sazonal no período de agosto de 1997 e agosto de 1998 durante as campanhas do Programa RAM/PADCT/CIAMB (ver Capítulo I) e por Borzone & Pezzuto (1997).

A plataforma rasa (0-50 metros) do Estado do Paraná é banhada pela Água de Plataforma sob influência direta da drenagem continental.

A circulação é controlada basicamente pelo regime de ventos, marés e pela dinâmica da Corrente do Brasil (Castro-Filho & Miranda, 1998). Durante o verão, ventos predominantes de NE induzem o transporte de Ekman da água superficial para fora da costa, compensado pela penetração da ACAS na camada de fundo (Castro *et al.* 1987). Em determinadas ocasiões, as intrusões da ACAS se aproximam até 30 km da costa, formando uma termoclina acentuada e uma frente térmica na plataforma interna (Brandini, 1990). Durante o inverno, os ventos frequentes de sudoeste transportam e acumulam Água Tropical sobre a plataforma, impedindo as intrusões da ACAS. A mistura vertical devido aos ventos de SW, fortes e constantes, e a queda da temperatura na superfície, geram condições físico-químicas quase homogêneas das águas costeiras e regiões de plataforma rasa (Brandini, 1990; Castro *et al.* 1987, Castro & Miranda, 1998).

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Estrutura experimental e logística

Painéis de concreto foram confeccionados utilizando cimento resistente a sulfatos (Votoran[®] Portland CP IV - RS), areia, pedra brita, superplastificante inerte e sílica em pó (microsílica). Esta composição foi determinada após estudos físico-químicos do concreto, realizados pelo Laboratório de Materiais e Estruturas (LAME-UFPR/COPEL) para o Programa Recifes Artificiais Marinhos (PADCT-CIAMB/CEM UFPR*) e possibilitaram a redução do pH da superfície amostral (Portella *et al.*, 2001). Como o concreto normalmente apresenta pH muito elevado e a alcalinidade pode levar a um processo de assentamento seletivo (Vandermeulen & DeWreede, 1982; Eckman, 1983; Schuhmacher & Shillak, 1994), o pH dos painéis foi ajustado para aproximadamente 8,5, i.e., próximo aos valores encontrados nos substratos consolidados naturais da área de estudo. Desta forma, procurou-se evitar os processos seletivos de recrutamento.

No dia 25 de outubro de 1998, um conjunto de 33 painéis de concreto medindo 30 x 26 cm, com 2 cm de espessura, foram instalados a uma profundidade de 18 metros, no lado sul das Ilhas Currais, representando uma única série temporal. Os painéis foram suspensos a 1 metro do fundo em uma estrutura metálica com 4 x 1,8 x 1,5 metros de altura e aproximadamente 140 kg, com duas faces inclinadas a 45° onde foram instaladas as placas experimentais (Figura 2), e posicionada de forma a diminuir os efeitos físicos pela ação de ondas e correntes sobre os painéis. Os painéis foram

perfurados nos 4 cantos de modo a permitir a fixação com presilhas plásticas, em cabos de aço inoxidável estendidos na estrutura metálica.

Os trabalhos de instalação da estrutura metálica e dos painéis foram feitos com a utilização de mergulho autônomo.

Cada placa recebeu uma etiqueta plástica com código de identificação para facilitar o controle das coletas. A face superior das placas era mais exposta à luz, com inclinação de 45° (denominada face E), e a face inferior mais protegida da luz, e com inclinação de 225° (denominada Face P).



Figura 2. Estrutura experimental instalada a 18 metros de profundidade.

A localização da estrutura em cada coleta foi feita com mergulho autônomo não descompressivo, e navegação com bússola magnética subaquática, partindo-se de uma rocha notável na superfície da face sul da ilha, utilizada como ponto de referência, rumo aos 140° junto ao fundo rochoso. Quando localizada a estrutura

experimental, era liberada uma bóia de localização para facilitar mergulhos subsequentes.

3.3.2 Amostragem de Campo

A periodicidade planejada para as coletas foi mensal. Porém, entradas de frentes frias com ventos fortes em várias ocasiões e problemas logísticos com embarcações, modificaram a periodicidade amostral.

As 33 placas submersas foram amostradas entre outubro de 1998 e maio de 2000, em intervalos diferenciados. Portanto, as placas foram colonizadas com vários tempos de submersão (31, 57, 86, 145, 175, 208, 267, 360, 416, 527 e 595 dias). A cada coleta, três placas (réplicas) foram coletadas aleatoriamente e cuidadosamente colocadas em sacos de nylon com malha de 0,5 mm e fechadas com zíper plástico para evitar a perda de organismos vágeis e acondicionadas em um container plástico com água do mar local, durante o transporte para o laboratório. Com a aleatoriedade, a distância entre as placas e o controle da transposição de uma face para outra, assumiu-se que as placas coletadas representaram amostras independentes. Não foram utilizados anestésicos, pois a desoxigenação natural da água dos containeres com amostras revelou ser mais eficiente para a variedade de taxa existente nas amostras. De um total de 33 placas, 31 foram coletadas representando comunidades que se desenvolveram durante períodos crescentes de imersão (de 1 a 19 meses de submersão) (Tabela 1).

Com o objetivo de comparar as comunidades naturais com as dos substratos artificiais, em março de 2000 foi feita uma amostragem da comunidade do costão natural a 18 m pelo método de quadrados com quantificação *in situ* descrito por Sutherland (1974).

Devido ao acesso restrito à parte inferior das rochas, decidiu-se trabalhar com as comunidades naturais em superfícies com inclinações de aproximadamente 45° e pouco rugosas, semelhantes às da face exposta dos painéis experimentais. Nesta amostragem foram coletadas 6 réplicas, cada uma composta por 30 intersecções. Em cada intersecção foi registrada a ocorrência de organismos, em camadas diferentes, com técnicas visuais não destrutivas e anotação em placa de PVC. Algumas espécies foram coletadas para confirmação taxonômica.

A cada coleta foram tomadas medidas de temperatura e salinidade de superfície, a 10 metros e no fundo, junto às placas experimentais. As temperaturas foram registradas *in situ* com um termômetro de mercúrio, e a salinidade foi determinada com refratômetro (Atago 100) em amostras de água obtidas também *in situ*. A espessura da zona eufótica foi medida com o disco de Secchi. Também, optou-se por registrar a transparência horizontal da água (visibilidade), uma vez que zonas de máxima turbidez foram observadas em camadas superficiais na coluna d'água. Esta medida foi tomada com disco de Secchi, durante os mergulhos de coleta, sendo computada a distância horizontal em que o disco desaparece da visão de um mergulhador estacionado nas estruturas experimentais.

Tabela 1. Meses amostrados e período de submersão dos painéis experimentais.

Mês/ano	Nov/98	Dez/98	Jan/99	Mar/99	Abr/99	Mai/99	Jul/99	Out/99	Dez/99	Mar/00	Mai/00
Dias de submersão	31	57	86	145	175	208	267	360	416	527	595
Número de amostras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

3.3.3 Análises de Laboratório

No laboratório, as amostras foram lavadas sobre uma peneira de malha de 0,5 mm para separar os organismos vágeis, fixadas em formol 10% durante um dia e armazenadas em formol 4%. Sempre que possível, as placas foram analisadas nos primeiros dois dias após as coletas para manter observações precisas das cores e texturas dos diversos organismos, podendo diferenciá-los com maior precisão.

As placas foram colocadas em bandejas rasas, cobertas com água e então analisadas em microscópio estereoscópio adaptado com braço extensor (Figura 3), sob aumento de 10 x e ocular graduada.

Nas duas faces de cada placa foram determinadas as abundâncias dos organismos vivos em termos de % de cobertura, sobrepondo uma armação de Teflon com 100 intersecções distribuídas regularmente em um quadriculado feito com fios de nylon e considerando somente os organismos sob as intersecções (Carter *et al.*, 1985).



Figura 3. Microscópio estereoscópio com braço extensor, painel amostral e armação quadriculada utilizado na análise da comunidade.

Devido às pequenas dimensões dos organismos pioneiros e de crescimento arborescente das comunidades amostradas, e à necessidade de se utilizar uma medida única de abundância destas comunidades, em cada intersecção dos fios de nylon do quadriculado, foi delimitada uma área de 1 cm^2 , subdividida em 16 sub-áreas de $0,0625 \text{ cm}^2$. Estas dimensões foram seleccionadas após observações iniciais da ocupação dos grupos de espécies de crescimento vertical, que recobriam em pequenas manchas o substrato, desta forma, dificultando a estimativa da percentagem pelo método da intersecção direta. Para o cálculo de percentagem de cobertura destes organismos, considerou-se a somatória do número de sub-áreas ocupadas pela espécie, multiplicada pela área da quadrícula ($0,0625 \text{ cm}^2$). Organismos menores que 2 mm, ou que apresentassem mais da metade de seu corpo fora da sub-área, não foram incluídos nas contagens devido à dificuldade de identificação e de quantificação. A ocorrência de organismos coloniais, de crescimento horizontal, em cada intersecção foi anotada para a obtenção da percentagem de cobertura.

As espécies foram identificadas no menor nível taxonômico possível com o auxílio de taxonomistas, mas devido à grande diversidade e às pequenas dimensões, além da falta de estudos e referência local para alguns grupos, vários organismos foram classificados até níveis taxonômicos superiores ou apenas como morfotipos. Uma pequena coleção de referência foi montada para orientar as triagens.

As faces expostas e protegidas dos painéis foram analisadas e descritas separadamente. Em ambas as faces foram analisadas 3 camadas bem definidas de cobertura biológica. A camada A, representada por basebiontes, associados diretamente ao substrato primário, a camada B, composta de organismos epibiontes sobre os da camada A, e a camada C, com os organismos epibiontes sobre os da camada B.

Para verificar o grau de variação entre os painéis em uma mesma data (réplicas), utilizou-se o cálculo do desvio padrão.

A medida de diversidade de Shannon-Weaner (H'), modificado para cobertura (Pielou, 1975), a equitabilidade (J'), a riqueza e a abundância foram usadas para descrever a estrutura das comunidades ao longo do período de sucessão.

A análise de variância unifatorial (ANOVA) foi aplicada para testar a hipótese de igualdade das médias do índice de diversidade H' entre as amostras de diferentes períodos de submersão e das médias da abundância dos taxa mais representativos nos diferentes meses. O teste de Scheffé foi utilizado para identificar as diferenças entre as médias das abundâncias dos grupos analisados.

Para a análise da similaridade entre as comunidades dos diferentes períodos, utilizou-se o índice de Bray-Curtis, calculado com base nos valores médios,

transformados pela raiz quadrada, das abundâncias mensais. As análises de agrupamento do tipo hierárquico combinatório foram realizadas para representar, através de dendrogramas, o grau de similaridade entre as comunidades. O ordenamento n-MDS (non-metric Multi Dimensional Scaling), foi utilizado para representar espacialmente as distâncias (dissimilaridades) entre as amostras.

As análises de agrupamentos, com medidas de similaridade de Bray-Curtis e n-MDS também foram usadas para verificar a similaridade entre as amostras coletadas no costão natural e na face exposta dos painéis de concreto da amostragem de março de 2000. Para estas análises também foram utilizadas as médias transformadas pela raiz quadrada das abundâncias dos grupos amostrados.

3.4 RESULTADOS

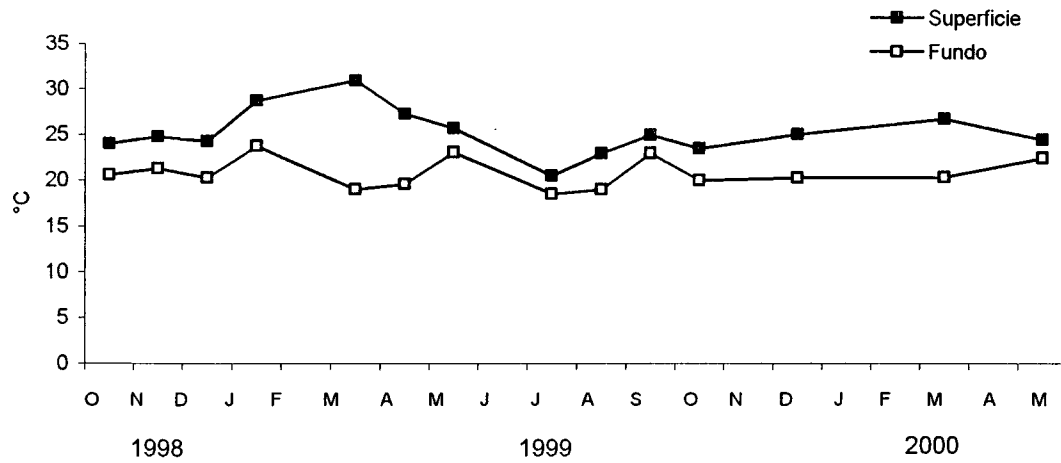
3.4.1 Parâmetros Ambientais

A temperatura da água de superfície variou de 20,5 a 31,0 °C, com mínimos em julho de 1999 e máximos em março de 1999. A temperatura da água de fundo variou de 18,5 a 23,8°C, com máximos e mínimos nos meses de janeiro e julho de 1999, respectivamente (Figura 4a). Foi observada uma pequena estratificação em março e abril de 1999 e março de 2000, com diferenças entre superfície e fundo de 5 a 8°C.

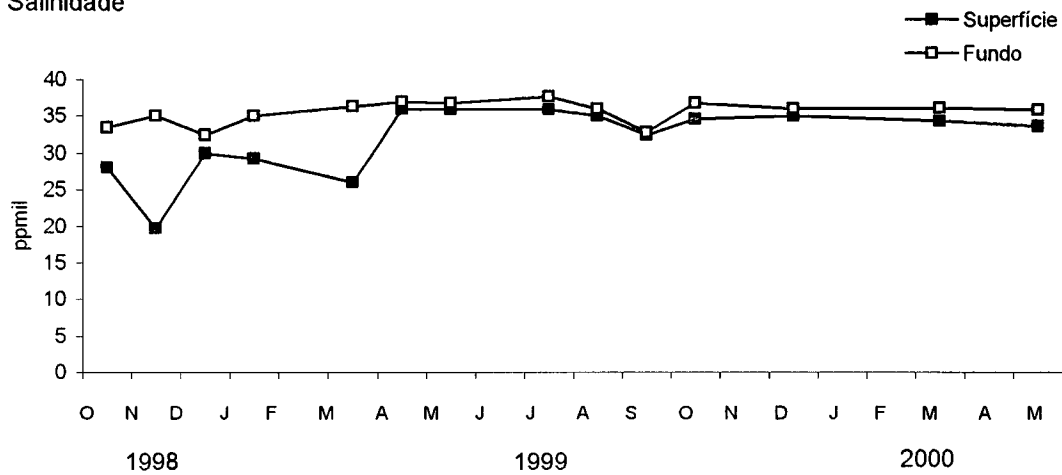
A salinidade variou de 19,7 a 37 ppm, com máximos junto ao fundo, adjacente às amostras, no fim do verão e início do inverno. Os valores mínimos foram obtidos na superfície em novembro de 1998 (Figura 4b).

A transparência de superfície, medida pela distância vertical do disco de Secchi, variou de 1,5 m em outubro de 1999 a 9,5 m em maio de 1999 e 2000. Embora a transparência média horizontal tenha sido menor junto ao fundo, a 18 m, em novembro de 1998 e julho de 1999 foram registradas zonas de maior turbidez próximas à superfície, e maior visibilidade junto ao fundo (Figura 4c).

a) Temperatura



b) Salinidade



c) Transparência

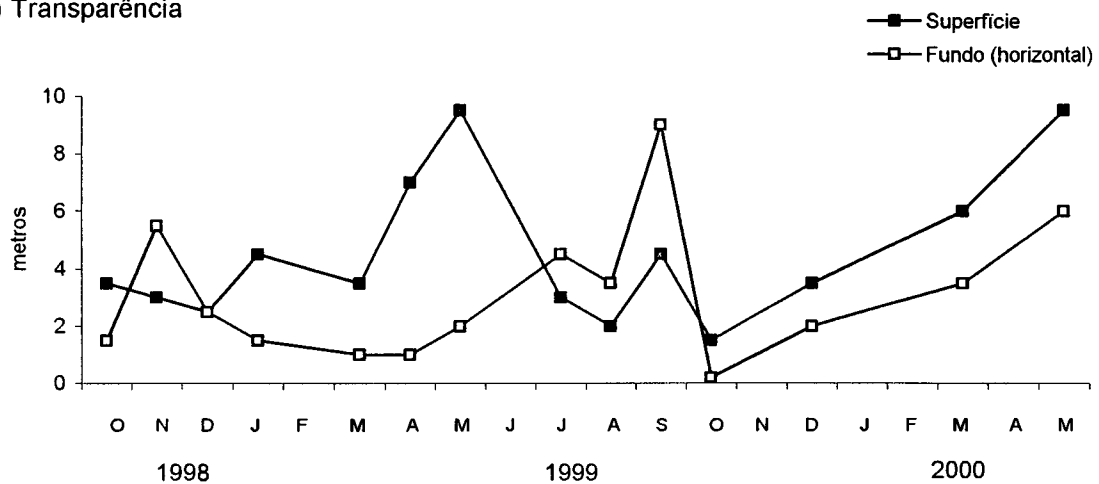


Figura 4. Valores de temperatura, salinidade e transparência de superfície e fundo, registrados entre outubro de 1998 a maio de 2000, na estação experimental na ilha Currais.

3.4.2 Composição Taxonômica dos Painéis Experimentais

Das 33 placas coletadas, duas referentes aos meses de julho de 1999 e maio de 2000, foram descartadas, pois apresentavam mais de 60% de sua cobertura biológica removida devido ao seu desprendimento da estrutura e, desta forma, facilitando o acesso de predadores (principalmente *Diplasterias brandii*) e o atrito com o fundo.

Durante o período do experimento, foram observadas 103 espécies de organismos sésseis e vágeis pertencentes a 11 filos (Tabela I), das quais 27 não foram identificadas, sendo citadas como morfotipos. Com exceção de *Crepidula* sp, com comportamento altamente sedentário, as 18 espécies de organismos vágeis não foram quantificadas. A macrofauna vágil esteve representada principalmente por picnogonídeos, estomatópodos, isópodos, anfípodos, caranguejos porcelanídeos, equinodermatas das classes Ophiuroidea e Asteroidea, gastrópodos e poliquetas vágeis.

Os interstícios entre as conchas de bivalves, partes duras de organismos incrustantes, ou ainda, entre as colônias de ascídias e esponjas, foram freqüentemente ocupados por pequenas esponjas reticuladas e piriformes, tubos membranosos de poliquetas, pequenos bivalves e fauna vágil. De forma pontual, ocorreram colônias de briozoários, talos de algas filamentosas e tubos de poliquetas embebidos em colônias de ascídias e esponjas de crescimento rasteiro.

As algas rodofíceas de crescimento arborescente foram representadas por 14 espécies que ocorreram em todos os meses de coleta, ocupando muitos dos campos visuais de contagem. Porém, devido à complexidade das formas destas

algas com talos diminutos, difusos e multi-direcionais, e à dificuldade de quantificá-las, não foi possível a inclusão deste grupo na análise de abundâncias. As algas calcárias, dominadas pelas incrustantes *Fossicola* sp e pela *Jania rubens* (articulada), que ocupava parte do substrato, foram quantificadas em conjunto devido à dificuldade de diferenciar as duas espécies em seu desenvolvimento inicial. As duas espécies apresentam cores e padrão inicial de ocupação do substrato visualmente similares. Porém, o padrão incrustante horizontal do grupo como um todo, foi de fácil reconhecimento.

Tabela I. Lista dos táxons encontrados nos painéis amostrais de novembro de 1998 a maio de 2000

CYANOBACTERIA	Família Halopteriidae
<i>Oscillatoria</i> sp	<i>Halopteris diaphana</i> (+)
ALGAS - RHODOFICEA	Família Sertulariidae
Ceramiaceae	<i>Dynamena crisioides</i> (+)
<i>Callithamnion uruguayense</i>	<i>Dynamena disticha</i> (+)
<i>Callithamnion byssoides</i>	<i>Dynamena quadridentata</i> (+)
<i>Ceramium codii</i>	<i>Sertularia marginata</i> (+)
Gonotrachaceae	<i>Sertularia turbinata</i> (+)
<i>Stylonema alsidii</i>	<i>Dentitheca bidentata</i> (+)
Rhodomelaceae	sp 1 (+)
<i>Polysiphonia</i> sp	sp 2 (+)
<i>Polysiphonia ferulacea</i>	
<i>Polysiphonia tepida</i>	
<i>Polysiphonia subtilissima</i>	
Rhodymeniaceae	
<i>Botrylocladia</i> sp	
Delesseriaceae	
<i>Caloglossa lepreurii</i>	
Hypeneaceae	
<i>Hypnea musciformis</i>	
Corallinaceae	
<i>Jania rubens</i> (+)	
<i>Fossielia</i> sp (+)	
ALGAS CLOROFICEAS	
Cladophoraceae	
<i>Cladophora</i> sp	
ALGAS FEOFICEAS	
sp 1	
PROTOZOA	
Foraminifera (Mileolideos)	
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	
<i>Poroeponides lateralis</i>	
Ciliata	
sp 1	
sp 2	
sp 3	
PORIFERA	
DESMOSPONGIAE	
Ordem POECILOSCLERIDA	
Família Mycalidae	
<i>Mycale</i> sp (+)	
<i>Mycale (carmia) microsigmatosa</i> (+)	
<i>Mycale (carmia) magnirhaphidifera</i> (+)	
Ordem HAPLOSCLERIDA	
Família Haliclonaidae	
<i>Haliclona</i> sp (+)	
sp 1 (+)	
sp 2 - Esponja reticulada (+)	
CNIDARIA	
Classe HYDROZOA	
Sub-Classe ATHECATAE	
Família Bougainvilliidae	
<i>Bougainvillia rugosa</i> (+)	
Família Eudendriidae	
<i>Eudendrium carneum</i> (+)	
Família Halocordyloidea	
<i>Halocordyle disticha</i> (+)	
Sub-Classe THECATAE	
Família Campanularidae	
<i>Clytia gracilis</i> (+)	
<i>Obelia dichotoma</i> (+)	
	Família Rhizangiidae
	<i>Astrangia cf rathbuni</i> (+)
	<i>Phyllangia cf americana</i> (+)
	Família Pocilloporidae
	<i>Madracis cf decactis</i> (+)
	Família Telestidae
	<i>Carjoa riisei</i> (+)
	Família Ellisellidae
	<i>Ellisela elongata</i>
	Família Zoanthidea
	<i>Palythoa caribaeorum</i> (+)
	<i>Zoanthus</i> sp (+)
	NEMATODA
	sp 1
	ANNELIDA POLYCHAETA
	Família Serpulidae
	sp 1 (+)
	sp 2 (+)
	Família Spionidae
	<i>Polydora</i> sp (+)
	Família Spirobridae
	sp 1 (+)
	Família Chaetopteridae
	sp 1 (+)
	Outros
	sp 1 (+)
	sp 2 (+)
	sp 3 (+)
	Errantia
	sp 1
	ARTHROPODA
	Classe CIRRIPEDIA
	<i>Megabalanus</i> sp (+)
	<i>Chthamalus bisinuatus</i> (+)
	Classe MALACOSTRACA
	Ordem DECAPODA
	Família Porcellanidae
	sp 1
	sp 2
	Ordem STOMATOPODA
	sp 1
	Classe PYCNOGONIDA
	sp 1
	sp 2

O sinal (+) indica que a espécie/grupo foi quantificada

Tabela I. Continuação

MOLLUSCA	Sub-Ordem ASCOPHORINA
Classe BIVALVIA	Família Schizoporellidae
Ordem ARCOIDA	<i>Schyzoporella</i> sp (+)
Família Arcidae	sp 1 (incrustante) (+)
<i>Arca imbricata</i> (+)	sp 2 (incrustante centróide) (+)
Ordem MYTILOIDA	
Família Mytilidae	<i>Catenicula contei</i> (+)
<i>Modiolus carvalhoi</i> (+)	<i>Crisevia pseudoloena</i> (+)
Família Pteriidae	<i>Smittina trispinosa</i> (+)
<i>Pteria hirundo</i> (+)	<i>Synnotum aegyptiacum</i> (+)
	TUNICATA
Ordem OSTREOIDA	Ordem APLOUSOBRANCHIA
Família Ostreidae	Família Didemnidae
<i>Ostrea puelchana</i> (+)	<i>Didemnum granulatum</i> (+)
Família Pectinidae	<i>Didemnum rodriguesi</i> (+)
<i>Lyropecten cf nodosus</i> (+)	<i>Diplosoma listerianum</i> (+)
Família Carditidae	Ordem PHLEBOBRANCHIA
<i>Carditamera floridiana</i> (+)	Família Ascidiidae
<i>Carditamera</i> sp (+)	<i>Ascidia interrupta</i> (+)
Família Chamidae	Ordem STOLIDOBRANCHIA
<i>Chama macerophylla</i> (+)	Família Styelidae
	<i>Botryllus tuberatus</i> (+)
Classe GASTROPODA	<i>Botryllus planus</i> (+)
Ordem MESOGASTROPODA	<i>Symplegma</i> sp (+)
Família Calyptraeidae	<i>Eusynstyela</i> sp (+)
<i>Crepidula aculeata</i> (+)	
Família Ovulidae	<i>Microcosmus</i> sp (+)
<i>Simnia uniplicata</i>	<i>Herdmania</i> sp (+)
Família Caecidae	Família Pyuridae
<i>Caecum</i> sp	<i>Pyura</i> sp (+)
Ordem NEOGASTROPODA	sp 1 (+)
Família Thaididae	sp 2 (+)
<i>Stramonita haemastoma</i>	
	ECHINODERMATA
BRYOZOA	Classe ASTEROIDEA
Ordem CHEILOSTOMIDA	<i>Diplasterias brandii</i>
Sub-Ordem ANASCINA	Classe OPHIUROIDEA
Família Aeteidae	sp 1
<i>Aetea anguinea</i> (+)	
<i>Bugula</i> sp (+)	
sp 2 (Arborescente) (+)	

O sinal (+) indica que a espécie/grupo foi quantificada.

Entre novembro de 1998 e maio de 2000 foram identificados e quantificados 70 taxa sésseis, dos quais 18,6% foram de tunicados (13 espécies de ascídias), 20% de hidrozoários (14 espécies), 11,4% de moluscos bivalves (8 spp), 11,4% de poliquetas (8 spp), 8,6% de porifera (6 spp), 8,6% de antozoários (6 espécies), 14,3% de briozoários (10 spp), 2,8% de crustáceos cirripédios (2 spp), 2,8% de algas calcáreas (2 spp) e 1,4% de moluscos gastrópodes (1 sp) (Figura 5).

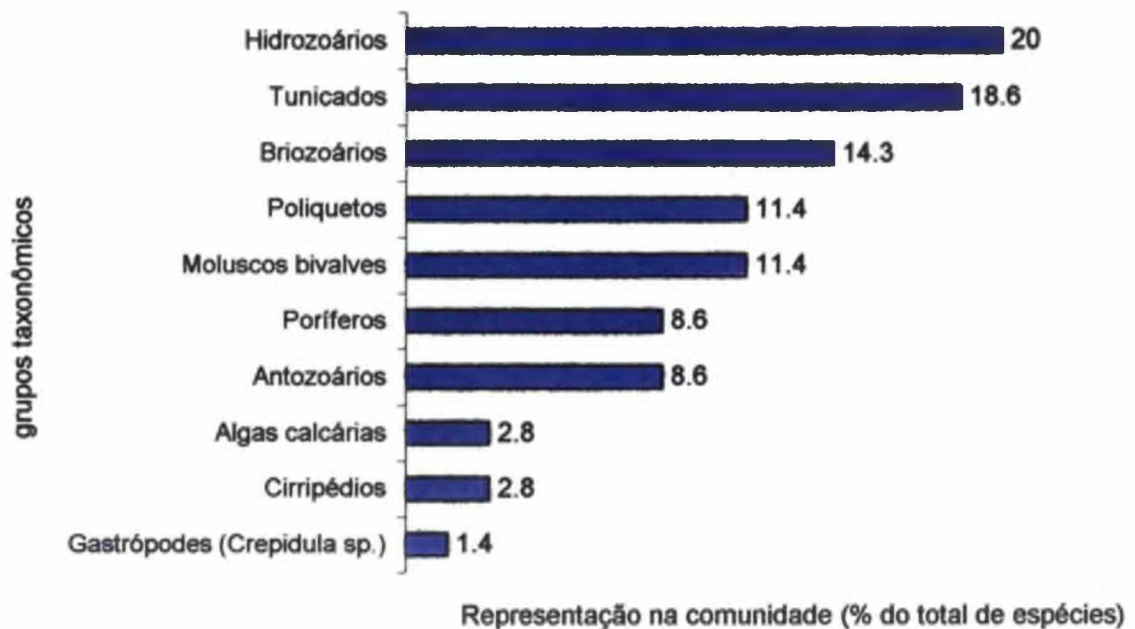


Figura 5. Representação dos principais grupos taxonômicos das comunidades incrustantes dos painéis experimentais.

3.4.3 Abundâncias

Visto que várias espécies apresentaram valores médios de cobertura abaixo de 5%, decidiu-se analisá-las em grupamentos taxonômicos. Desta forma, foram estruturados os 10 grupos discriminados a seguir: Porifera, Hydrozoa, Anthozoa, Bryozoa, Moluscos Bivalves, *Ostrea puelchana*, Polychaeta, Cirripedia, Ascidiacea, incluindo formas solitárias e coloniais, e Algas Incrustantes. A Figura 6 mostra os valores médios dos principais grupos analisados.

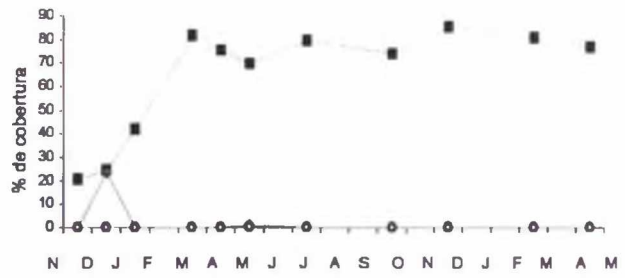
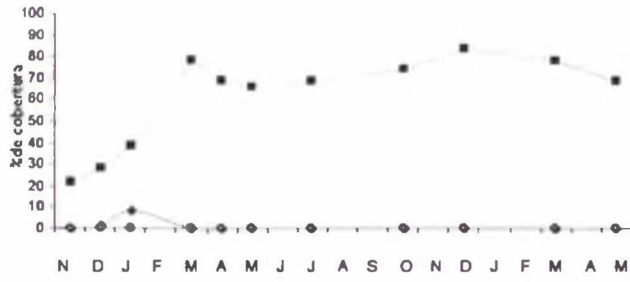
Ostrea puelchana foi analisada separadamente do grupo moluscos bivalves devido ao seu padrão de dominância e facilidade de identificação. O gastrópode

Crepidula sp. também foi considerado separadamente de outros moluscos devido às diferenças no seu comportamento de ocupação de espaço (semi-séssil).

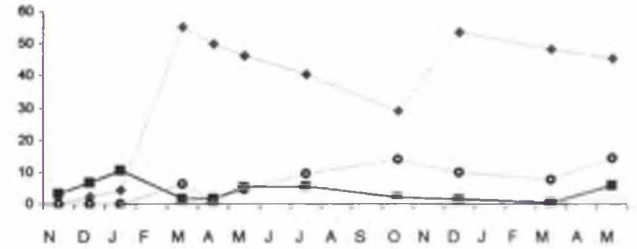
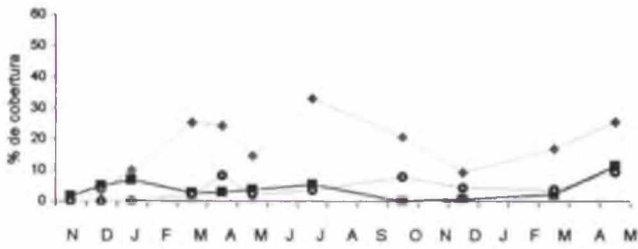
O grau de variação das porcentagens de coberturas médias (desvio padrão) das espécies mais abundantes nas réplicas podem ser vistos no Anexo I. Os resultados das ANOVAs estão apresentados na tabela II.

Em comparação com as demais camadas, a porcentagem de cobertura na camada A foi maior e mais estável, tanto na face exposta como na face protegida. O principal organismo basebionte foi *Ostrea puelchana*, com porcentagens de cobertura iniciais (novembro de 1998) entre 20 e 22% nas faces exposta e protegida respectivamente, e cobertura máxima de 80 e 85% nas faces exposta e protegida, respectivamente, em março de 1999. A partir de março de 1999 a porcentagem de cobertura em ambas as faces manteve-se constante não ultrapassando os valores de 60% na face exposta e 70% na face protegida. No início do experimento (primavera-verão de 1998-1999), a ocupação de *O. puelchana* na camada B chegou a 8 e 20% na face exposta e protegida, respectivamente, sendo que nos demais meses esta espécie não ocorreu nas camadas superiores B e C. Diferenças significativas ($p < 0,05$) nas médias de *O. puelchana*, entre os três primeiros meses iniciais com os demais períodos, ocorreram na camada A das duas faces e na camada B da face protegida.

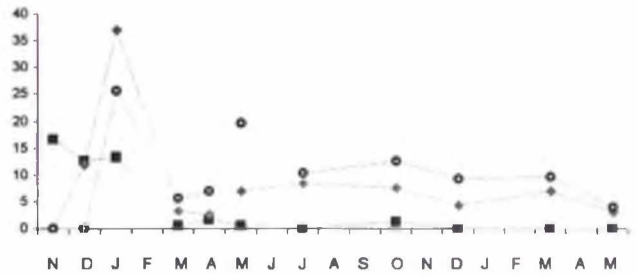
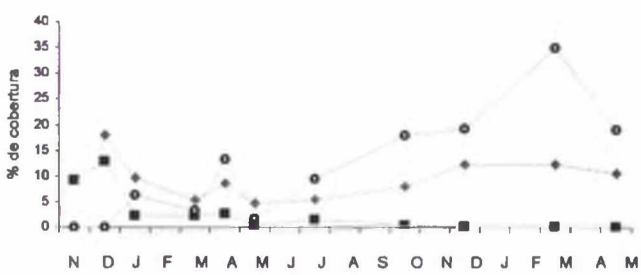
Ostrea puelchana



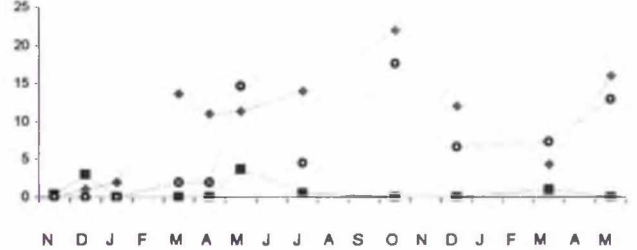
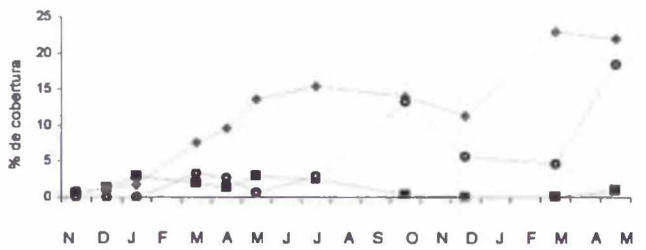
Ascidiacea



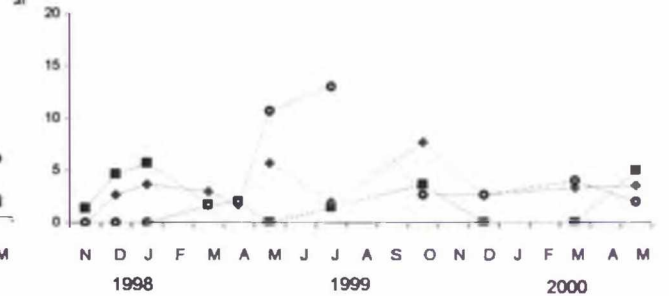
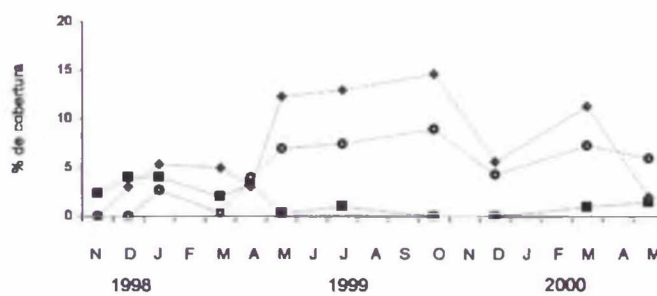
Hidrozoários



Poríferos



Briozoários



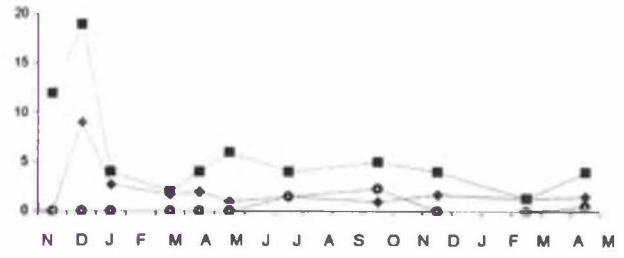
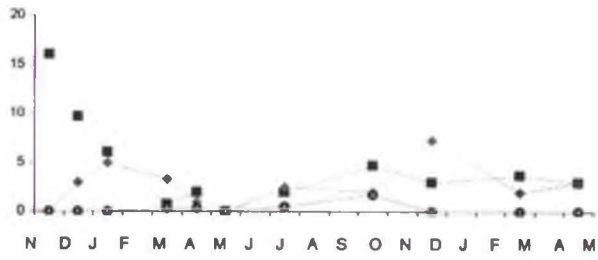
Face exposta

Face protegida

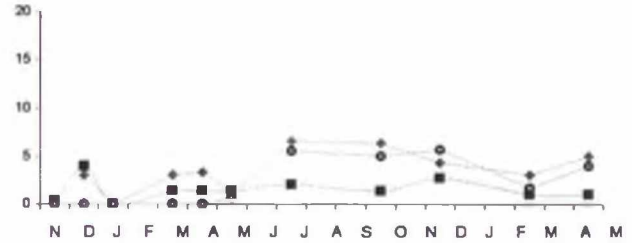
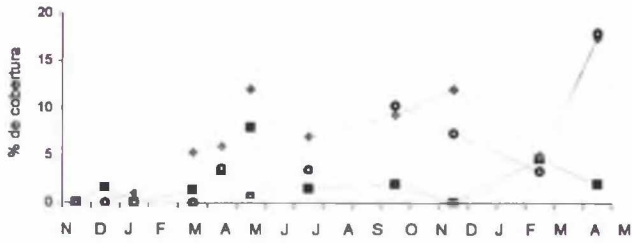
—■— Camada A —◆— Camada B —○— Camada

Figura 6. Variação das abundâncias médias dos principais grupos epilíticos dos painéis experimentais, entre novembro de 1998 e maio de 2000.

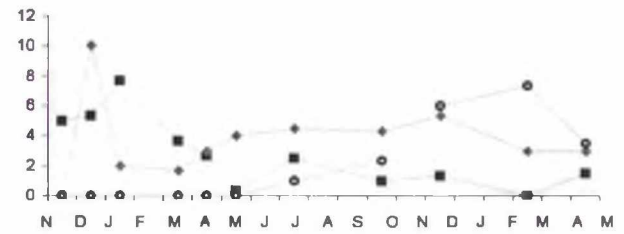
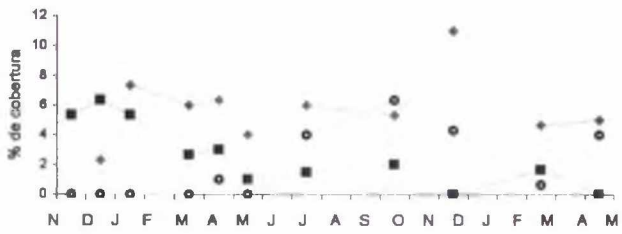
Cirripédios



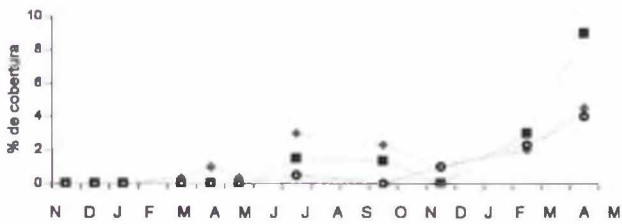
Moluscos Bivalves



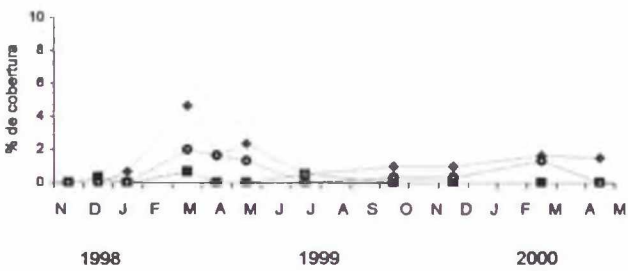
Poliquetas



Antozoários



Algas incrustantes



Face exposta

Face protegida

—■— Camada A —◆— Camada B —○— Camada C

Figura 6. Continuação.

Tabela II. Análise de variância das médias das abundâncias dos principais grupos taxonômicos para as faces e camadas consideradas no estudo.

Grupos		Soma de Quadrados	Quadrados médios	F	P
Algas Incrustantes					
Face Exposta	Camada A	1,6505	,1651	,8612	,5810
	Camada B	51,0215	5,1022	1,7493	,1378
	Camada C	17,4409	1,7441	1,6351	,1676
Antozoários					
Face Exposta	Camada A	161,5430	16,1543	2,5407	,0364*
	Camada B	51,6935	5,1694	3,9014	,0046*
	Camada C	40,1882	4,0188	7,1979	,0001*
Face Protegida	Camada A	10,9194	1,0919	,8914	,5571
	Camada B	264,3333	26,4333	9,1676	,0000*
	Camada C	18,4301	1,8430	5,5290	,0006*
Ascídias					
Face Exposta	Camada A	257,0215	25,7022	4,5761	,0019*
	Camada B	2791,6935	279,1694	8,9982	,0000*
	Camada C	322,7634	32,2763	5,1919	,0009*
Face Protegida	Camada A	280,0376	28,0038	5,0081	,0011*
	Camada B	1390,6774	139,0677	15,6275	,0000*
	Camada C	830,2688	83,0269	7,1678	,0001*
Briozoários					
Face Exposta	Camada A	66,3387	6,6339	1,9951	,0905
	Camada B	707,5054	70,7505	3,7107	,0061*
	Camada C	308,2527	30,8253	1,8960	,1072
Face Protegida	Camada A	124,1022	12,4102	2,8259	,0230*
	Camada B	121,2204	12,1220	1,6038	,1768
	Camada C	469,2688	46,9269	6,4876	,0002*
Cirripédios					
Face Exposta	Camada A	631,2688	63,1269	5,9367	,0004*
	Camada B	137,2634	13,7263	2,4995	,0389*
	Camada C	7,4355	,7435	2,2878	,0553
Face Protegida	Camada A	783,2043	78,3204	10,3965	,0000*
	Camada B	168,5269	16,8527	21,5141	,0000*
	Camada C	17,4301	1,7430	1,3582	,2679
Hidrozoários					
Face Exposta	Camada A	542,4677	54,2468	25,5279	,0000*
	Camada B	679,7742	67,9774	4,1832	,0031*
	Camada C	3459,5860	345,9586	6,7581	,0002*
Face Protegida	Camada A	1223,0108	122,3011	13,2456	,0000*
	Camada B	3000,3817	300,0382	3,3023	,0110*
	Camada C	1790,8548	179,0855	2,2777	,0562
Moluscos Bivalves					
Face Exposta	Camada A	170,7688	17,0769	2,0431	,0834
	Camada B	803,9086	80,3909	6,2359	,0003*
	Camada C	772,3602	77,2360	14,8769	,0000*
Face Protegida	Camada A	35,7419	3,5742	2,1025	,0755
	Camada B	137,3710	13,7371	4,3959	,0024*
	Camada C	164,9839	16,4984	5,6405	,0005*
Ostrea sp					
Face Exposta	Camada A	13701,3011	1370,1301	31,0805	,0000*
	Camada B	201,6344	20,1634	,8935	,5554
	Camada C	,3011	,0301	,9032	,5478
Face Protegida	Camada A	16407,5860	1640,7586	24,0610	,0000*
	Camada B	1506,6882	150,6688	24,5656	,0000*
	Camada C	,3011	,0301	,9032	,5478
Poliqueta					
Face Exposta	Camada A	134,1022	13,4102	2,3983	,0460*
	Camada B	232,6022	23,2602	3,3388	,0104*
	Camada C	154,3871	15,4387	3,0272	,0168*
Face Protegida	Camada A	168,4839	16,8484	3,4739	,0086*
	Camada B	195,8871	19,5887	14,7839	,0000*
	Camada C	211,0054	21,1005	14,1456	,0000*
Porifera					
Face Exposta	Camada A	35,9301	3,5930	1,1748	,3621
	Camada B	1694,8548	169,4855	14,9656	,0000*
	Camada C	874,2742	87,4274	14,7557	,0000*
Face Protegida	Camada A	51,0054	5,1005	3,4194	,0093*
	Camada B	1417,5484	141,7548	21,8084	,0000*
	Camada C	1162,8333	116,2833	3,9076	,0046*

GL=10 - * indica diferenças significativas ($p < 0.05$)

As ascídias foram registradas ao longo de todos os meses amostrados. As porcentagens de cobertura nas camadas A e C nas faces, exposta e protegida foram baixas, com variações semelhantes e valores máximos de 7 a 10 %. Na camada B, a cobertura deste grupo foi mais elevada, chegando a picos de 35% em julho de 1999 na face exposta e, 55 – 57% em março e dezembro de 1999, na face protegida. Das 13 espécies de ascídias registradas neste estudo, *Didemnum granulatum*, *Didemnum rodriguesi* e *Diplosoma listerianum* foram as espécies que mais contribuíram na ocupação dos substratos primário e secundário. Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias amostrais, foram observadas em todas as camadas de ambas as faces.

A Figura 6 mostra a evolução da abundância do grupo Hydrozoa, que foi inicialmente mais abundante na camada A do que as camadas B e C, em ambas as faces. Após o segundo mês de colonização (dezembro de 1998), a cobertura de Hydrozoa nas camadas B e C aumentou e a da camada A caiu para níveis muito baixos. Picos de ocupação de 38 e 25% de cobertura foram observados respectivamente nas camadas B e C da face protegida em janeiro de 1999. Em março de 2000, a ocupação de Hydrozoa foi máxima (35%) na camada C da face exposta. *Obelia bicuspidata*, *Denthiteca bidentata* e *Clytia gracilis* foram as espécies de hidrozoários mais comuns e abundantes, sendo que *C. gracilis* ocorreu predominantemente na camada C. As abundâncias médias das camadas A, B e C da face exposta e das camadas A e B da face protegida foram significativamente diferentes entre as médias dos períodos amostrados. Os resultados das ANOVAs indicaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nas médias de Hydrozoa em todas as camadas das duas faces, com exceção da camada C da face protegida ($p > 0,05$).

Em ambas as faces, a cobertura de Porifera foi reduzida na camada A, não ultrapassando 5%. Na camada B cresceu gradativamente até o final do experimento, com exceção de março de 2000, quando a cobertura média caiu significativamente de cerca de 23% para menos que 5% na face protegida. Na camada C os poríferos desenvolveram-se gradativamente, porém com grandes variações entre os meses. Na Figura 6 pode-se observar as variações de abundâncias dos poríferos ao longo do período amostral. As espécies *Mycale (carmia) microsigmatosa*, *Haliclona* sp e Porífera sp1 (reticulado) ocorreram em maiores densidades. A camada A da face exposta não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) na abundância média entre os períodos amostrados, porém, a camada A da face protegida e as demais camadas nas duas faces apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$).

A porcentagem de cobertura de Bryozoa na camada A da face exposta foi baixa desde o início do experimento (2%), com um máximo de 4% em dezembro de 1998 e janeiro de 1999, chegando a valores próximos de zero a partir de maio de 1999 (Figura 6). No início, a porcentagem de cobertura na camada A da face protegida foi igual ao da face exposta (1,5%). A cobertura variou entre zero e 2% e aumentou para 4% em maio de 2000. Na face exposta, a camada B apresentou os maiores valores de cobertura (máximo de 14% em outubro de 1999) com variações de até 9%, enquanto que a camada C apresentou maior constância na cobertura média (variando entre 5 e 8%). A camada C da face protegida apresentou maior cobertura de briozoários, alcançando o máximo de 13% em julho de 1999. O valor máximo de cobertura de briozoários na camada B da face protegida foi de 7% em outubro de 1999. Os briozoários *Schyzoporella* sp., *Bugula neritina* e Bryozoa sp3 Arborescente contribuíram com as maiores coberturas. A análise de variância

mostrou haver diferenças significativas ($p < 0,05$) na camada B da face exposta e nas camadas A e C da face protegida.

Nos meses iniciais de colonização, os cirripédios chegaram a ocupar 15 e 20% do substrato primário (camada A) das faces exposta e protegida respectivamente (Figura 6). A partir de janeiro de 1999, a cobertura de cirripédios na camada A decresceu tanto na face exposta, chegando a valores abaixo de 5%, quanto na face protegida com valores médios em torno de 5% de cobertura. Com exceção dos 7% em dezembro de 1999, a porcentagem de cobertura na camada B da face exposta, não ultrapassou 5%. Na face protegida a camada B apresentou a cobertura máxima de 8% em dezembro de 1998, decrescendo para valores abaixo de 5% nos meses subsequentes. *Chthamalus bisinuatus* foi a espécie do cirripédio mais abundante. Diferenças significativas entre as médias das abundâncias de cirripédia ($p < 0,05$) ocorreram nas camadas A e B das duas faces analisadas.

A porcentagem de cobertura de outros bivalves foi maior na face exposta, chegando a um pico de 18% nas camadas B e C em maio de 2000. Na face protegida, a cobertura não ultrapassou 7%, com valores menores na camada A. Os bivalves *Modiolus carvalhoi* e *Chama macerofila* ocorreram na maioria dos painéis amostrais e foram mais abundantes. Os resultados das ANOVAs mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) somente entre as médias amostrais dos meses para as camadas B e C das faces exposta e protegida.

Em geral, a abundância de poliquetas apresentou tendência geral decrescente na camada A, de ambas as faces, com coberturas entre zero e 7%. O crescimento foi mais intenso na camada B da face exposta, variando entre 4% e 7% entre janeiro e outubro de 1999, e atingindo a cobertura máxima de 12% em

dezembro de 1999. Na camada C, em ambas as faces, a abundância foi pouco expressiva, em torno de 1% até maio de 1999. A partir de então, aumentou para 6% e 8% nas faces exposta e protegida, respectivamente. Dentre os poliquetas, os serpulídeos foram os mais abundantes e constantes na ocupação de substratos ao longo do estudo. As ANOVAs indicaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as abundâncias médias de poliquetas para as duas faces e em todas as camadas.

De modo geral, a abundância de antozoários cresceu, não ultrapassando 9% de cobertura, tanto na face exposta como na protegida. As maiores diferenças foram observadas em relação à porcentagem de cobertura das camadas A e B nas faces exposta e protegida. Na face exposta, os antozoários apresentaram maior cobertura na camada A (9% em maio de 2000, final do período amostrai), enquanto que na face protegida estes foram mais abundantes na camada B (10% em maio de 2000). *Phylangia americana* foi a mais abundante dentre os antozoários. Com exceção da camada A da face protegida, as abundâncias médias em todas as demais camadas das duas faces apresentaram diferenças significativas entre os meses amostrados ($p < 0,05$).

A cobertura de algas incrustantes ocorreu somente na face exposta. Na camada A, as algas incrustantes ocorreram somente em dezembro, março e julho de 1999 em porcentagens de cobertura média inferiores a 1%. Na camada B, as algas ocorreram a partir de janeiro de 1999 (abaixo de 1% de cobertura), alcançando valor máximo em março de 1999. Após março de 1999, a cobertura média de algas calcárias variou entre 1 e 2%. A porcentagem de cobertura por algas na camada C foi menor do que na camada B, com valores máximos de 2% em março, abril e maio

de 1999. As análises de variância não demonstraram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as médias de cada camada.

3.4.4 Riqueza de espécies

De um modo geral, a riqueza específica foi semelhante em ambas as faces exposta e protegida, aumentando com o tempo. Na Figura 7a pode-se observar as variações gerais da riqueza específica nos painéis, e a variação do número de espécies em ambas as faces.

Até o mês de dezembro de 1998, a camada A (Figura 7b), ocupada por organismos associados diretamente ao substrato primário, apresentou uma tendência crescente, alcançando uma média máxima de 28 espécies. A partir desta data, a média da riqueza decresceu continuamente até o final do experimento, com a média de 9 espécies.

A riqueza média na camada B cresceu a partir de novembro-dezembro de 1998 (20 espécies), estabilizando com 30 espécies, a partir de dezembro de 1999, período final do experimento. A variação numérica de espécies entre a face exposta e protegida foi pequena ao longo do período do estudo, com diferença máxima de 9 espécies (Figura 7c).

Na camada C, a riqueza aumentou gradualmente até alcançar um pico de 34 espécies em outubro de 1999 e um decréscimo em março de 2000 (Figura 7d).

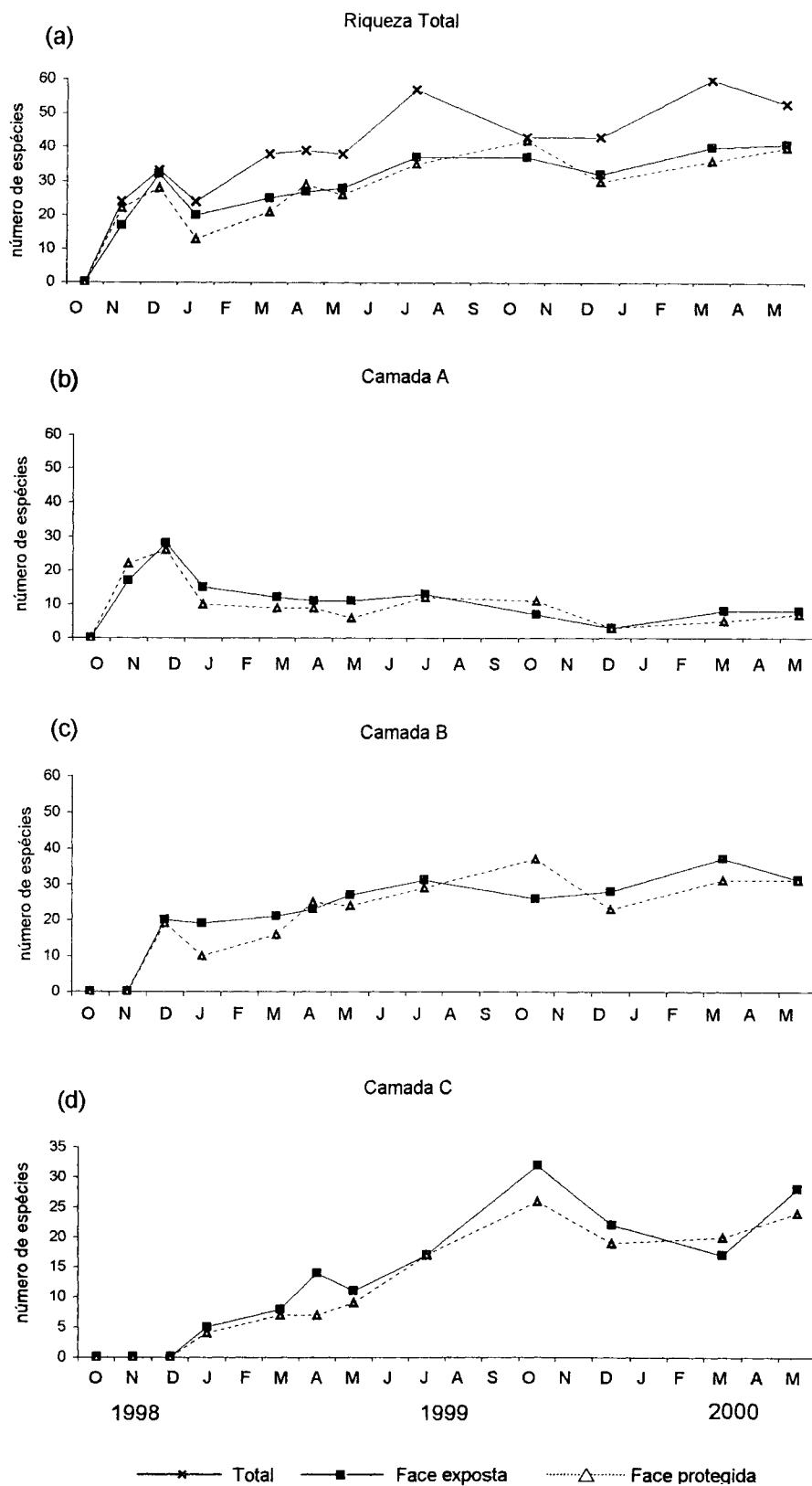


Figura 7. Variações gerais da riqueza de espécies ao longo do experimento: (a) riqueza máxima total (soma das riquezas das camadas e das faces) e das faces exposta e protegida; (b) riqueza na camada A; (c) riqueza na camada B e (d) riqueza na camada C.

3.4.5 Diversidade

Os resultados da diversidade calculada com o índice de Shannon-Weaner (H'), modificado para cobertura, e equitabilidade, são mostrados separadamente para as faces e camadas analisadas (Figura8).

A diversidade e a equitabilidade da camada A em ambas as faces apresentaram padrões semelhantes. No primeiro mês de colonização, a diversidade foi maior, com valores de 2,0 na face exposta e 2,4 na face protegida, aumentando nas duas faces para 2,5 no segundo mês (dezembro de 1999) e, a partir daí, decrescendo para aproximadamente 1 em março e maio de 2000. A grande semelhança no comportamento dos dois índices ao longo do período experimental pode ser atribuída ao índice de Shannon-Weaner, que incorpora tanto os valores da riqueza quanto das abundâncias das espécies.

Em ambas as faces, a camada B apresentou padrão inverso de diversidade ao da camada A, inicialmente com 2,3 na face exposta e 2,0 na face protegida. Na face exposta a diversidade estabilizou em torno de 3,0 a partir de janeiro de 1999 até o final do experimento. Na face protegida a diversidade estabilizou acima de 2,0, atingindo 3,0 em outubro de 1999 e posteriormente abaixando para 2,5 em dezembro de 1999 e março e abril de 2000. A equitabilidade nesta camada foi de 0,7 no primeiro mês e, a partir daí, estabilizou em 0,8, para as duas faces.

Em novembro e dezembro de 1998 a diversidade da camada C na face exposta foi zero, aumentando gradativamente a partir de janeiro de 1999 ($H'=1,8$) até maio de 2000 ($H'=3,1$). Na face protegida a diversidade foi 2,1 em dezembro de 1998, com pequenas variações nas amostras dos meses seguintes, até alcançar o

máximo de 3.2 em maio de 2000. Os índices de equitabilidade foram semelhantes aos da camada B, porém, ligeiramente maiores.

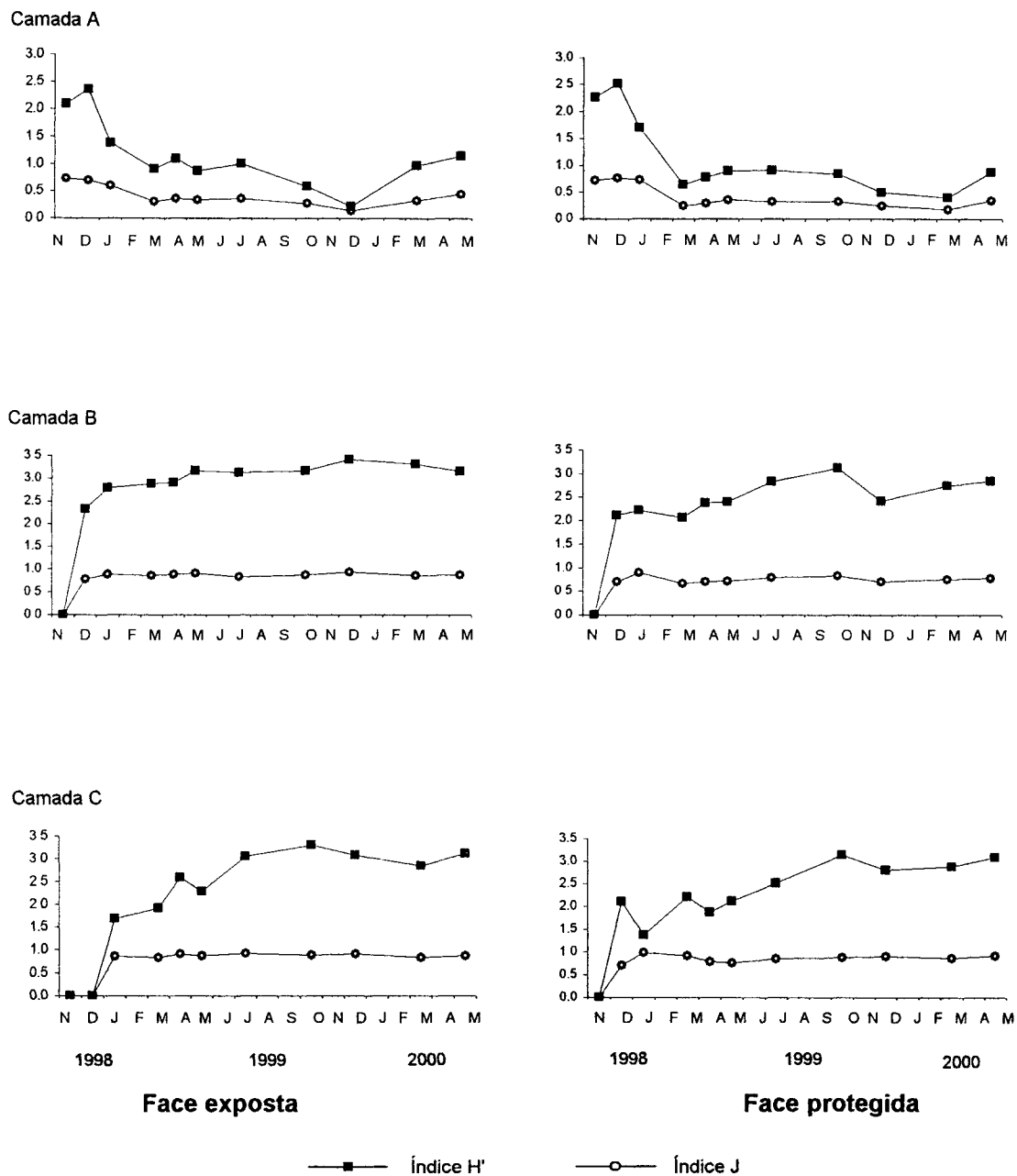


Figura 8. Diversidade de espécies, representada pelos Índices de Shannon-Weaner (H') e de Equitabilidade (J) ao longo do experimento, novembro de 1998 a maio de 2000.

As ANOVAs das médias do índice de diversidade para as faces e camadas, indicaram diferenças significativas em todos os casos (Tabela III).

O teste de Scheffé indicou que diferenças significativas ocorreram entre o grupo de amostras das comunidades mais jovens (painéis com 1, 2 e 3 meses de submersão) e o grupo de amostras das comunidades mais maduras (painéis com mais de 6 meses de submersão) em todas as camadas e nas faces exposta e protegida.

Tabela III. Análise de variância do Índice de diversidade de Shannon-Weaner entre os meses de coleta, para as faces e camadas consideradas no estudo.

Casos		Soma de Quadrados	Quadrados médios	F	P
Face Exposta	Camada A	10,7680	1,0768	12,5468	,0000
	Camada B	22,9940	2,2994	46,2484	,0000
	Camada C	33,1328	3,3133	36,9144	,0000
Face Protegida	Camada A	13,5992	1,3599	28,9427	,0000
	Camada B	16,4185	1,6419	19,6897	,0000
	Camada C	29,2469	2,9247	36,9963	,0000

GL=10

3.4.6. Similaridade

Os resultados das análises de agrupamento utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis são mostrados separadamente para as faces exposta e protegida. Os resultados da análise multidimensional (MDS) acompanham os dendrogramas como forma de representar as amostras em ordem de similaridade dos grupos (Figura 9). Para a análise de agrupamentos, foi utilizado o índice médio de referência de 45% de similaridade.

a) Face Exposta

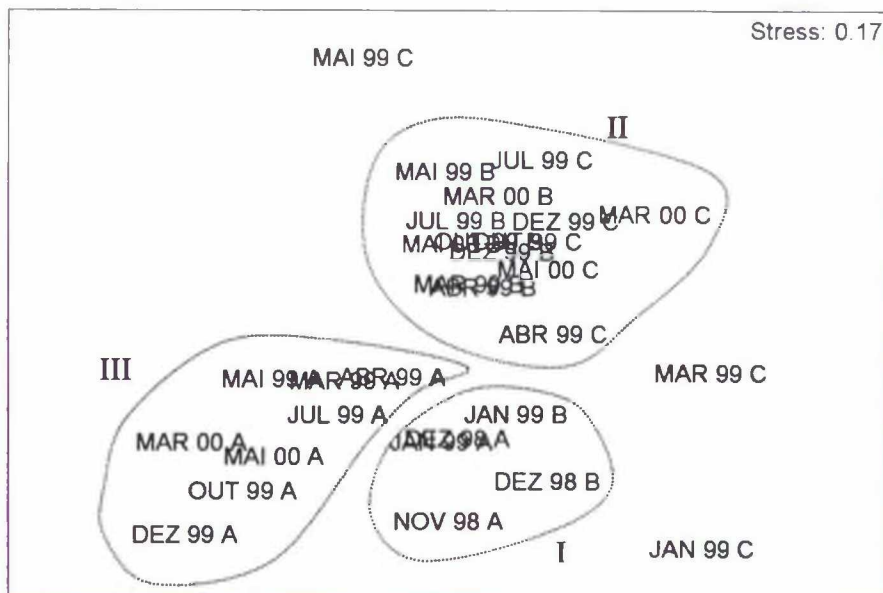
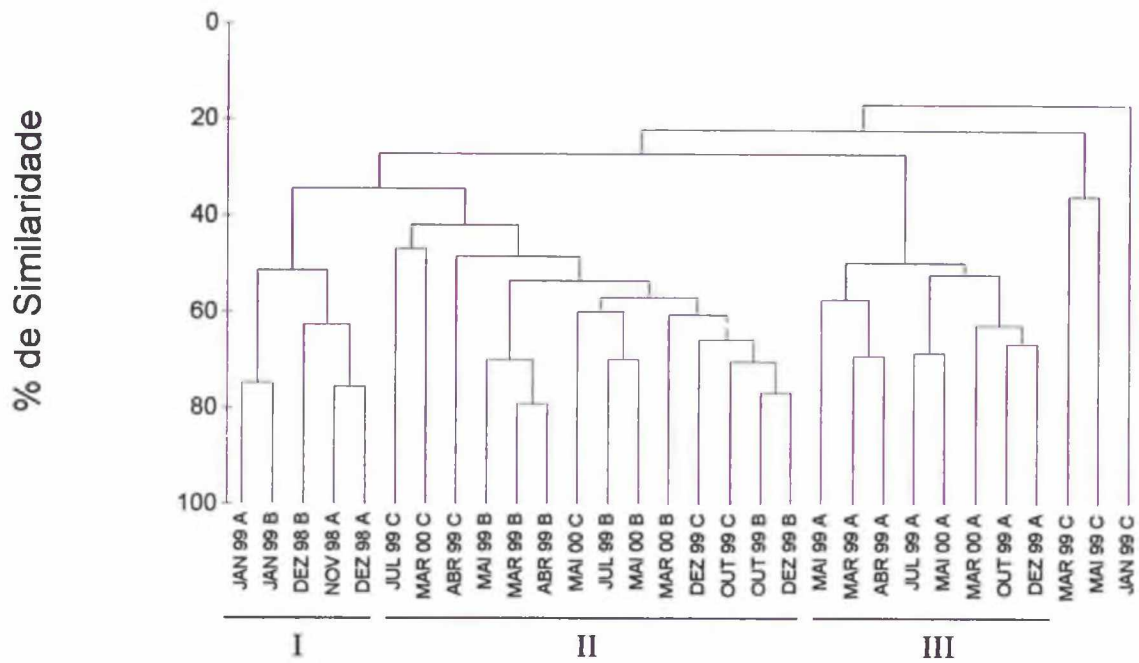


Figura 9. Resultados da análise de similaridade e n-MDS das amostras, para as faces exposta e protegida, realizadas entre novembro de 1998 e maio de 2000. a) Face exposta e b) Face protegida (página seguinte). Códigos: A, B e C indicam as camadas analisadas.

b) Face Protegida

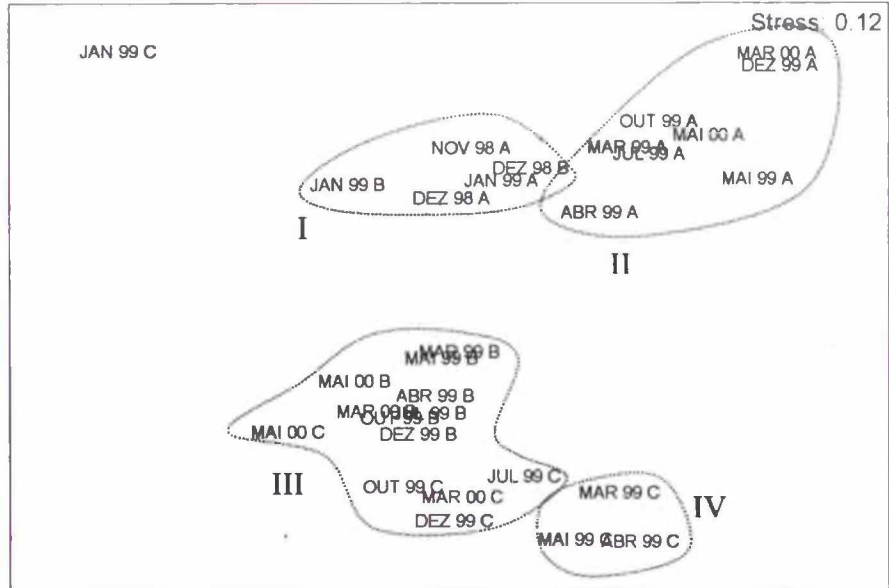
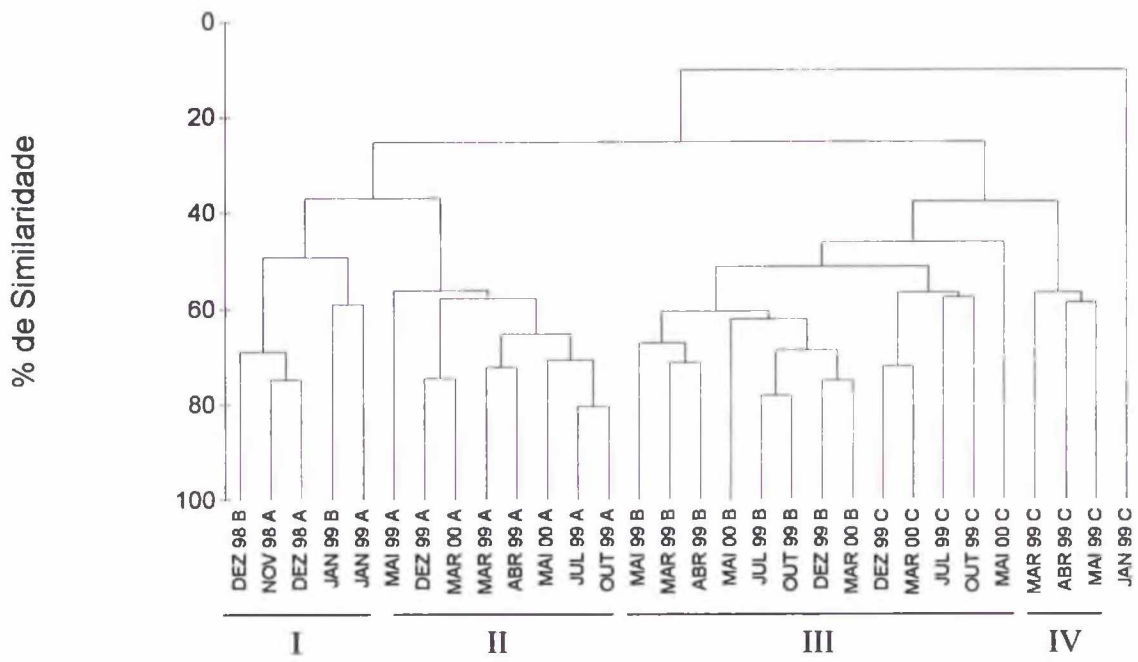


Figura 9. Continuação.

Na face exposta ocorreu a formação de 3 grupos principais (I, II e III) e 3 amostras menos similares agrupadas individualmente. O grupo I é formado pelas comunidades amostradas nos períodos iniciais de colonização (novembro e dezembro de 1998 e janeiro de 1999). A camada C deste período apresentou valores nulos de abundância. Isto se deve ao fato de que os organismos da camada B apresentavam pequenos tamanhos e, conseqüentemente, não suportavam uma colonização de epibiontes. O grupo II, compõe comunidades das camadas B e C de vários períodos amostrais (de março de 1999 a maio de 2000). Porém, dentro deste grupo, pode-se observar maiores similaridades (mais de 65%) entre amostras da camada B (p.ex. março, abril, outubro e dezembro de 1999).

O grupo III é formado por comunidades da camada A das amostras do período entre dezembro de 1999 e maio de 2000.

Os demais grupos, com similaridades de Bray-Curtis menores que 40% são formados por comunidades colonizadoras da camada C das amostragens entre janeiro e março de 1999.

No nível de similaridade de 45% (Bray-Curtis) a face protegida (P) apresentou 4 grupos. O primeiro grupo (I) compreendeu as comunidades das camadas A e B, amostradas entre novembro e dezembro de 1998 e janeiro de 1999. O grupo II formado pelas amostras de comunidades da camada A entre março de 1999 e maio de 2000. O grupo III da face protegida congrega as comunidades amostradas nas camadas B e C, entre março de 1999 e maio de 2000. O grupo IV é composto por comunidades da camada C, dos meses de maio abril e maio de 1999. Uma amostra mais dissimilar é composta pela comunidade da camada C, de janeiro de 1999.

3.4.7 A Comunidade de Substratos Consolidados Naturais

A composição e abundância dos grupos taxonômicos do costão rochoso a 18 metros de profundidade, pode ser vista na Figura 10. As espécies *Lophogorgia punicea*, *Spondilus americanus* (bivalve) e *Neogoniolitus* sp (alga incrustante) ocorreram exclusivamente nas amostras de costão, não sendo observadas nas placas experimentais. Com exceção do *Spondilus americanus*, que foi tratado separadamente, as demais espécies acima citadas foram incluídas nos respectivos grupos, pois apresentaram baixa porcentagem de cobertura.

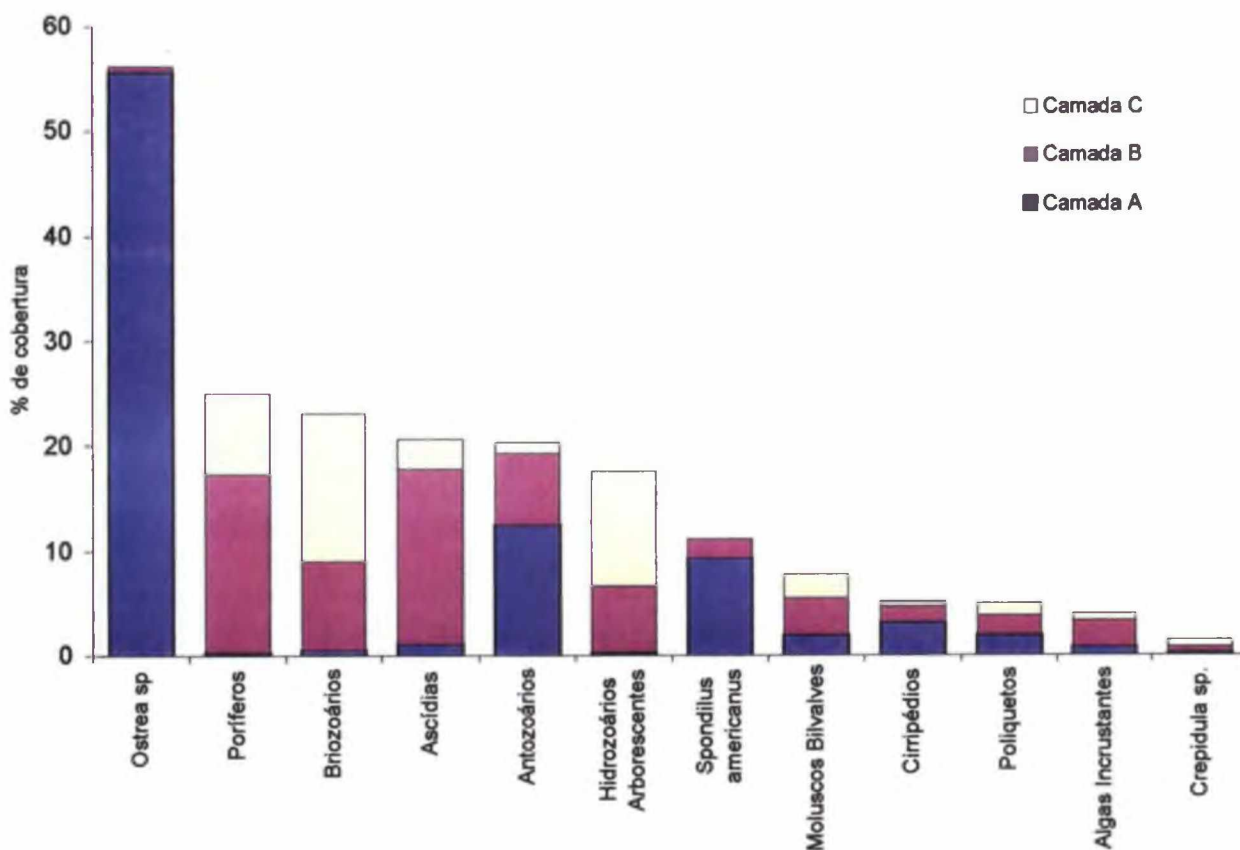


Figura 10. Composição e abundância dos grupos taxonômicos do costão rochoso, nas três camadas, em março de 2000.

Ostrea puelchana e *Spondilus americanus* foram dominantes na camada A, com coberturas médias de 55,7 e 9,3% respectivamente. O grupos mais abundantes na camada B foram as ascídias (16,7% de cobertura), poríferos (17%), briozoários (8,5%), antozoários (6,8%), hidrozoários (6,3%) e moluscos bivalves (3,5%). Na camada C, predominaram os briozoários (14,2% de cobertura), hidrozoários (11,0%) e poríferos (7,7%).

A análise de agrupamento, utilizando-se o índice de Bray-Curtis e n-MDS, entre as abundâncias médias dos grupos nos painéis experimentais (face exposta) e do costão, indicaram maior similaridade das amostras do substrato natural com as amostras dos painéis em maior tempo de submersão (a partir de março de 1999), tendendo para o agrupamento de amostras por camada (Grupos I e II na Figura 11).

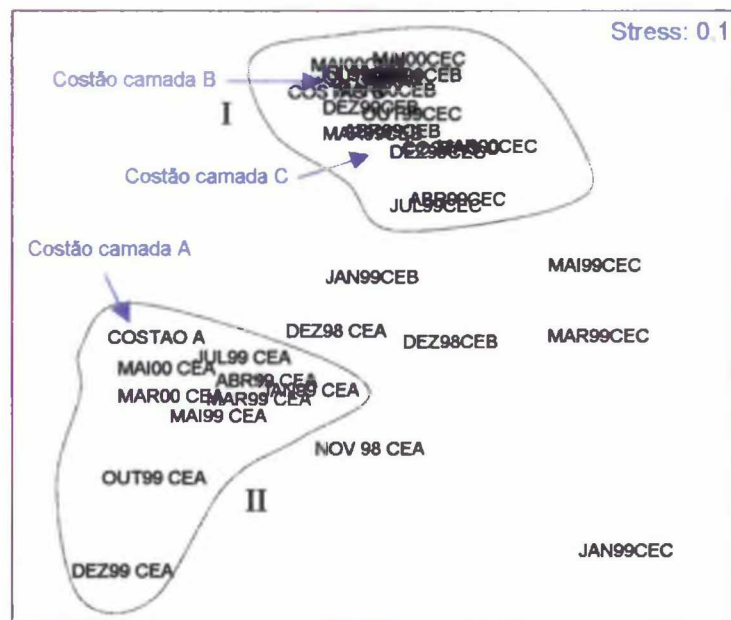
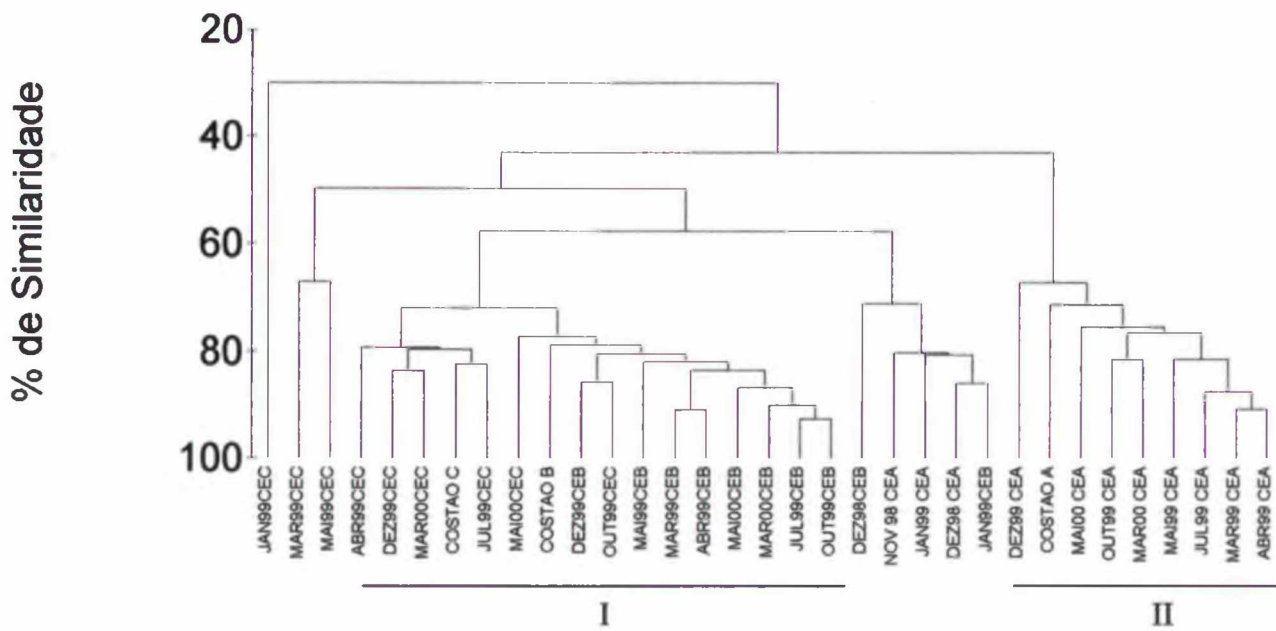


Figura 11. Resultados da análise de similaridade e n-MDS das amostras dos painéis em concreto e do costão rochoso. Códigos: CE = face exposta, A, B e C indicam as camadas analisadas.

3.5 DISCUSSÃO

A área estudada está situada em uma porção intermediária da plataforma rasa do Estado do Paraná, com características hidrográficas associadas ao regime de ventos e circulação de marés. A proximidade dos estuários de Paranaguá e Guaratuba, unida às freqüentes entradas de frentes meteorológicas, afetam as condições ambientais da área, promovendo alterações nas condições físicas e químicas do fundo adjacente (efeito de ondas, correntes de maré, ressuspensão, salinidade). Fatores físicos, como os vetores de corrente e de ondas, a penetração da luz, e a temperatura são determinantes na estruturação de comunidades na parte rasa do infralitoral (Witman & Dayton, 2001).

Porém, as comunidades epilíticas localizadas nas zonas mais profundas do infralitoral e no circalitoral, onde os efeitos das ondas e correntes são menos intensos, são compostas principalmente por invertebrados sésseis suspensívoros (Baynes & Szmant, 1989). Somando-se a estes parâmetros, a predação, a competição e o recrutamento tendem a exercer papéis importantes na estruturação destas comunidades (Hughes, 1989; Grove *et al.*, 1991; Witman & Dayton, 2001).

Entre outubro de 1998 e maio de 2000, as condições hidrográficas nas isóbatas de 18 metros, junto às Ilhas de Currais, foram estratificadas principalmente nos meses de verão, de março a abril de 1999 e março de 2000. A temperatura de fundo variou de 19,6 a 20,4⁰C, e a da superfície de 27,3 a 26,8⁰C. Os mínimos no fundo podem estar associados à penetração da ACAS na plataforma rasa nesta época do ano, como descrito no Capítulo I.

Entre abril e julho de 1999, observou-se diferenças acentuadas de turbidez entre a superfície e o fundo, com menos visibilidade junto ao fundo. Os dados de

turbidez indicam a presença constante e acentuada de material particulado em suspensão provavelmente oriunda da ressuspensão de sedimentos e depósitos finos por correntes de marés e passagens de frentes frias.

A face exposta dos painéis apresentou um acúmulo de material semi-sólido suspenso sobre os organismos incrustantes e sobre áreas não colonizadas. Este material é composto de uma matriz orgânica contendo exudatos celulares, frústulas e projeções celulares de diatomáceas mortas, partículas minerais e organismos vivos tais como diatomáceas cêntricas, algas rodofíceas e feofíceas, foraminíferos mileolídeos (*Quinqueloculina patagonica* e *Poroeponides lateralis*), protozoários, nematódeos e platelmintos não identificados.

Uma diferença marcante foi observada na fisionomia das colônias de ascídias, principalmente didemnídeos, e de espongiários entre a comunidade da face exposta, sujeita ao acúmulo de sedimentos e agregados orgânicos, e a face protegida, com colônias mais desenvolvidas, com texturas e colorações mais marcantes.

Estudos da hidrografia da plataforma rasa na região sul e sudeste indicam uma forte dinâmica na ressuspensão de sedimentos durante o período de outono-inverno, registrando velocidade de correntes de fundo de até 50 cm/s (Furtado & Mahiques, 1990; Noemberg, 2001; RAM/PADCT/CIAMB, dados não publicados). Nos meses de verão, sob a influência da ACAS, com correntes menos intensas (20 cm/s), a ressuspensão é menor. Porém, ainda observa-se maior turbidez junto ao fundo, possivelmente devido a um processo intenso de sedimentação de material particulado.

Os resultados do Capítulo I mostram que, em regiões afastadas da costa, durante a penetração da Água Central do Atlântico Sul no verão, ocorre a formação de máximos sub-superficiais de clorofila, e em meses subsequentes, a formação de máximos de turbidez junto ao fundo. Os máximos de turbidez no fundo da área experimental podem estar associados a esses processos na plataforma rasa ou ainda, a processos de ressuspensão pelo efeito de ondas e correntes.

Em lajes naturais, superfícies inclinadas negativamente (teto de grutas etc), verticais e bordas, sustentam maior diversidade de espécies e mais cobertura biológica do que em superfícies horizontais planas (Baynes & Szmant, 1989; Loya & Slobodkin, 1971; Loya 1972; Pichon, 1978). O mesmo foi observado para algumas espécies dos substratos artificiais deste experimento, provavelmente devido ao acúmulo de sedimentos nas áreas planas horizontais, juntamente com alta turbidez – levando a uma comunidade com menor diversidade e cobertura.

A sedimentação é prejudicial aos organismos bênticos à medida que: (1) entope os orifícios de circulação de ascídias e esponjas, (2) prejudica a alimentação dos pólipos, (3) reduz a quantidade de luz que chega às algas e zooxantelas, (4) dificulta a troca de nutrientes e gases dissolvidos, (5) aumenta atividades de rejeição de sedimentos, aumentando o requerimento energético dos organismos, (6) inibe o assentamento e o desenvolvimento de larvas plânulas e (7) enterra e abrasa organismos incrustantes (Loya, 1972).

O material amostrado indicou que após 3 meses da submersão, houve a formação de um tapete epibiótico denso, com ocupação quase total dos substratos primários e secundários. Também observou-se uma terceira camada superior, composta por espécies com formas arborescentes ou eretas, como hidróides e

briozoários, e formas laminares, como didemnídeos, e outros organismos pequenos como serpulídeos, cracas, e pequenos bivalves.

De modo geral, os espaços abertos foram ocupados e reocupados rapidamente por várias recultas de *Ostrea* sp, serpulídeos e cracas. A *Ostrea* sp. foi um invasor primário em todos os casos, e persistiu como espécie dominante do substrato artificial primário. Além da invasão gradual por recrutamento do plâncton, durante o processo de sucessão foi observado o rápido crescimento de *Ostrea puelchana*, colônias de didemnídeos e esponjas que rapidamente ocuparam os espaços do substrato.

Diferenças entre a colonização nas faces exposta e face protegida ocorreram principalmente em relação à porcentagem de cobertura de ascídias coloniais (didemnídeos), serpulídeos e algas incrustantes (somente na face exposta), as quais ocorriam mais freqüentemente nas faces protegidas das placas. Este padrão ocorreu ao longo de todo o processo de sucessão nos painéis experimentais.

A metodologia utilizada, considerando as 3 camadas de colonização, mostrou-se relevante, pois indicou a existência de padrões distintos de ocupação de grupos modificadores e dominantes, descrevendo pela primeira vez a estrutura tridimensional destas comunidades.

A padronização da metodologia, utilizando uma única medida de abundância, facilitou a quantificação da grande variedade de táxons com diferentes formas corporais. Nas amostras com maior tempo de submersão (≥ 3 meses), as proporções corporais já eram notadamente maiores e somente os organismos colonizadores recrutados recentemente necessitaram de aproximações para o cálculo da porcentagem de cobertura.

Os resultados das análises de agrupamento e de ordenação (MDS) e os dados de abundância, indicam que a composição específica e a diversidade da comunidade permaneceram, de certa forma, estáveis após o 4^o mês de colonização, modificando-se daí por diante, em relação às abundâncias de cada grupo.

Os grupos obtidos nestas análises demonstram a organização da comunidade, após o período de colonização inicial (novembro de 1998 a abril de 1999), em camadas distintas com similaridades superiores a 55% (Bray-Curtis), sendo o grupo da camada A mais conspícuo. As camadas B e C, embora na maioria dos casos incluídas em um mesmo grupo, mostram similaridades maiores entre pares de amostras da mesma camada (ver Figura 11).

De modo geral, a comunidade da camada B de ambas as faces foi a mais rica e com maior diversidade e equitabilidade. Após o segundo mês, a riqueza e a diversidade das duas faces aumentaram e estabilizaram-se em aproximadamente 3,0 (H') na face exposta e 2,6 (H') na face protegida.

A competição por espaço no infralitoral influencia fortemente a distribuição e estrutura das comunidades epifaunais (Pequegnat, 1964). As larvas, vivendo em um ambiente tridimensional, necessitam assentar em um substrato bidimensional (Pequegnat, 1964). Desta forma, os assentamentos em microambientes fisicamente modificados, com atenuação dos vetores físicos e facilitação da alimentação, favorecem o recrutamento e o aumento da diversidade biológica. Isto indica a importância de espécies sésseis construtoras de substratos biológicos estratificados, embora alguns autores argumentem a existência de efeitos negativos sobre certas comunidades. No caso de comunidades do infralitoral mais profundo, com predomínio de filtradores, os efeitos de estruturação parecem ser positivos uma vez

que atenuam as correntes, aprisionam alimentos e geram refúgios para pequenas espécies sésseis e vágeis. Nas amostras deste estudo, a *Ostrea puelchana* foi o organismo dominante e modificador do substrato primário durante todo o percurso do estudo, possibilitando o aumento da complexidade e das superfícies de assentamento, e gerando microhabitats de proteção para outros organismos.

Segundo Jones *et al.* (1997), estes organismos estruturadores, denominados pelo autor de "engenheiros de ecossistemas", podem controlar alguns recursos abióticos e conseqüentemente afetar outros organismos, gerando efeitos positivos e negativos sobre a riqueza e abundância de espécies.

Bruno & Bertness (2001), sugerem que várias comunidades bênticas marinhas são organizadas em função dos organismos pioneiros que modificam e estruturam os habitats. Estes organismos aumentam a heterogeneidade do ambiente, transformando-o em uma estrutura tridimensional. Desta forma, reduzem a velocidade de correntes (Leonard & Luther, 1995), retêm propágulos, aumentando o assentamento (Bruno, 2001) e reduzem a eficiência de predação (Crowder & Cooper, 1982).

Bruno & Bertness (2001) também sugerem que as espécies pioneiras geram efeitos positivos sobre a estrutura de comunidades epilíticas do infralitoral e, em muitos casos, a diversidade de espécies é significativamente maior quando estas estão presentes. Tokeshi & Romero (1995) demonstraram a importância de mexilhões no infralitoral como espécie pioneira e promotora de maior diversidade biológica, uma vez que aumentam as superfícies colonizáveis e criam novos microhabitats. Bancos de ostras modificam o ambiente gerando habitats mais

complexos e maiores, refúgio de predação, redução do efeito de ondas e correntes, e retenção de larvas de diversos organismos (Zimmerman *et al.*, 1989).

Ostrea puelchana propiciou a geração de um arcabouço complexo que serviu de substrato para organismos epibiontes. Este típico processo de facilitação (*sensu* Bruno & Bertness, 2001) propiciou a colonização dos painéis por uma grande variedade de espécies. O índice de diversidade (H'), de equitabilidade (J') e a riqueza da camada A, de ambas as faces, diminuíram ao longo do experimento, refletindo a grande dominância da *O. puelchana* nesta camada. Nas camadas B e C a riqueza aumentou coincidentemente com o pico de cobertura de *O. puelchana* na camada basal.

A camada B da face protegida apresentou as maiores abundâncias de didemnídeos, dominantes nesta camada, refletindo em uma pequena diminuição da equitabilidade em alguns meses. Os didemnídeos também formaram coberturas representativas na camada B da face exposta, embora, com valores menores que os da face protegida. Processos de alelopatia entre vários grupos bênticos sésseis, incluindo ascídias e esponjas, são descritos na literatura (Hughes *et al.* 1987; Maida *et al.* 1995; Hay, 1996) e também podem influenciar nos padrões de dominância e na estrutura da comunidade. Este aspecto não foi analisado neste trabalho, porém, podem ser foco de estudos futuros, complementando os conhecimentos da comunidade.

A camada C, de ambas as faces, embora com riqueza, diversidade e equitabilidade semelhantes às da camada B, foi composta em sua maioria de organismos de crescimento arborescente, que de modo geral foram mais abundantes nas amostras com maior tempo de submersão. Esta camada apresentou

maiores variações nas abundâncias médias e maiores taxas de renovação de espécies.

As amostras do costão rochoso adjacente também mostraram que a *O. puelchana* é dominante na camada basal. Nestas comunidades, o bivalve *Spondilus americanus*, ausente dos painéis experimentais, ocupou até 9,3% de cobertura. Outros grupos dominantes no costão foram os antozoários coloniais, com 12,5 e 6,8% nas camadas A e B, respectivamente, e as esponjas e didemnídeos, com 17,5 e 16,8%, respectivamente. Estas porcentagens de cobertura, embora menores do que as observadas nos painéis, indicam uma relativa dominância destas espécies nas comunidades de substratos naturais.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados pode-se generalizar que a tendência da colonização nos substratos artificiais ocorreu em 3 fases temporais e estruturais distintas:

- (i) Uma fase inicial, de ocupação da camada A, com duração de aproximadamente 2-3 meses, com estrutura física bidimensional e disponibilidade de substrato nu, quando a diversidade inicial é média (Figura 12 a).
- (ii) Uma fase de estruturação com duração de aproximadamente 3 a 5 meses, com diminuição do substrato basal disponível à colonização pelo crescimento de *Ostrea puelchana* e conseqüente diminuição da diversidade na camada A, com um substrato biológico pouco desenvolvido, mas suportando pequenas

abundâncias de epibiontes de crescimento rápido como hidrozoários e briozoários na camada B (Figura 12 b).

(iii) A terceira fase, de estabilização, observável a partir do décimo mês de colonização (aproximadamente), já com uma estrutura tridimensional formada, com camadas superiores disponíveis à colonização e maior complexidade estrutural, refletindo o aumento da diversidade biológica, e o aumento da abundância de espécies de crescimento lento, tais como antozoários hermatípicos com crescimento vegetativo, e poríferos, com predomínio destas espécies na camada B. Nesta fase, a camada C é ocupada por vários taxa de crescimento erétil (arborescente) com ciclo de vida curto e ocupação gradativa de substratos consolidados da camada B por organismos coloniais incrustantes de ciclos de vida mais longos (Figura 12 c).

O aumento dos substratos verticais ou inclinados negativamente em áreas de alta sedimentação propicia o desenvolvimento de comunidades mais saudáveis, com maiores porcentagens de cobertura. Como observado neste e em outros estudos (Baynes and Szmant, 1989), onde a sedimentação é intensa, substratos verticais suportam maior diversidade e maior cobertura do que superfícies planas horizontais.

As comunidades dos painéis apresentaram similaridade com as de substratos naturais das Ilhas Currais. As diferenças mais notáveis, foram provavelmente resultantes do curto período do experimento e da maior uniformidade topográfica do substrato experimental em relação ao substrato natural. Outro fato importante foi a baixa ocorrência de predadores nos painéis experimentais em comparação com o costão rochoso adjacente. Há de se considerar também a "história" de cada uma das

comunidades experimentais e os eventuais distúrbios e interações (fatores sinecológicos e ambientais) ao longo do tempo.

Uma suposta regularidade na substituição dos táxon e a convergência para uma comunidade semelhante à de substratos naturais nesta profundidade, contrasta com a renovação dinâmica de espécies de outros estudos (p. ex. Sutherland & Karlson, 1977). É importante ressaltar que a maioria dos estudos de bioincrustação foram desenvolvidos em estuários, suspensos na superfície ou na parte rasa de costões rochosos. Estes ambientes são caracteristicamente muito mais dinâmicos em termos de flutuações físico-químicas, com grande frequência de distúrbios físicos mais severos, levando à formação de um sistema "caótico", isto é, mais variável em padrões e processos. Em contraste, os ambientes do infralitoral geralmente apresentam os distúrbios físicos amenizados ao longo do gradiente batimétrico (Witman & Dayton, 2001).

Os resultados deste estudo sugerem que é possível maximizar o crescimento de comunidades incrustantes em substratos artificiais, instalando-os em épocas propícias à colonização do principal organismo facilitador e estruturador de habitats, por exemplo a *Ostrea puelchana*, em épocas de maior recrutamento (ver Capítulo IV), de modo a maximizar a estrutura tridimensional da comunidade e incrementar a riqueza e a diversidade biológica.

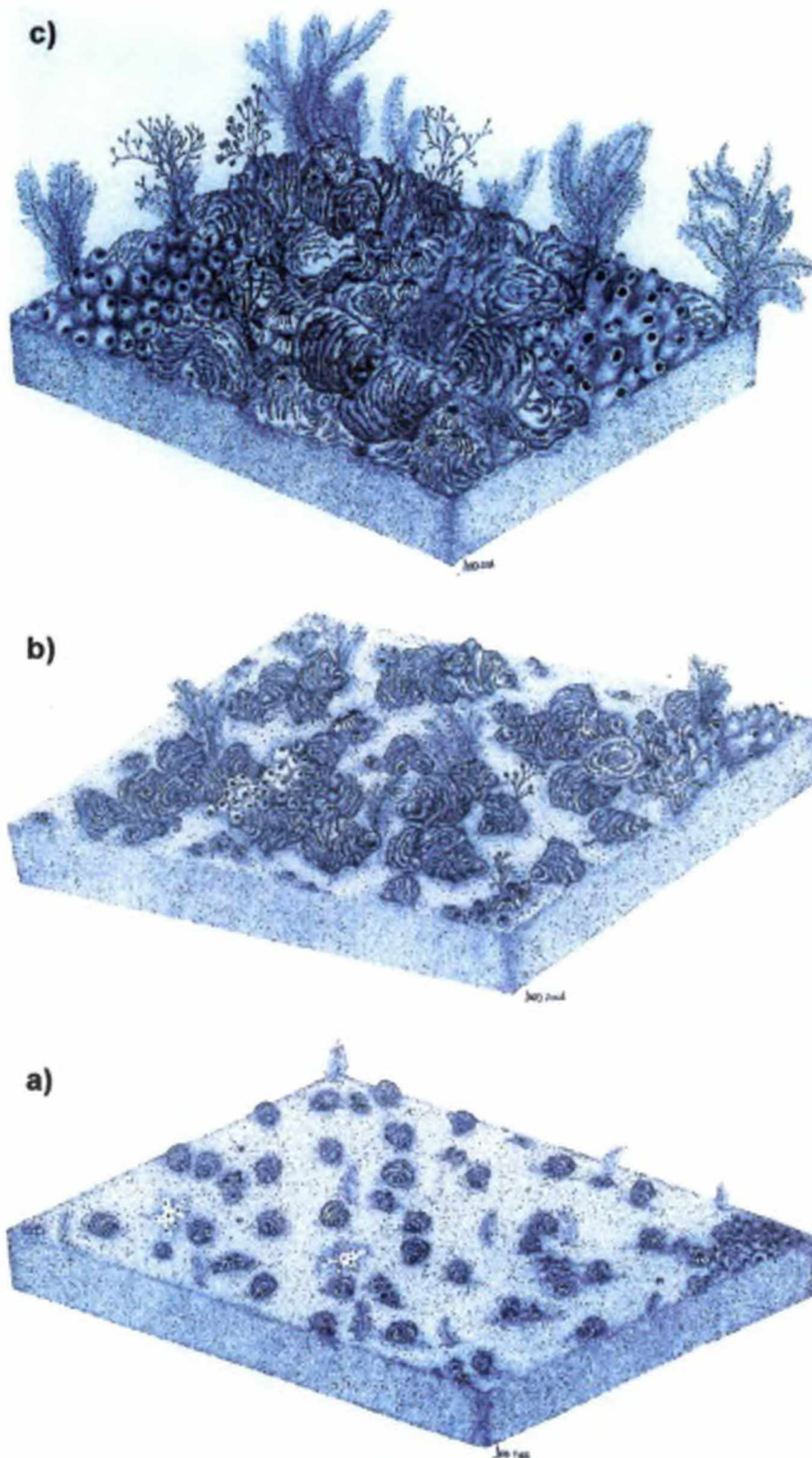


Figura 12. Ilustração da seqüência de colonização, mostrando a fase de (a) ocupação, (b) estruturação e (c) estabilização.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSALÃO, R. S. 1993. **Colonização primária e seqüência de substituições, em substrato artificial, na comunidade epibêntica da Baía de Guanabara, RJ., Brasil.** São Paulo. 220 f. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- BAYNES, T.W.; A.M. SZMANT. 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. **Bull. Mar. Sci.** 44 (2): 545-566.
- BIGARELLA, J.J.; KLEIN, R.M.; LANGE, R.B.; LOYOLA E SILVA, J.; LARACH, J.ºI.; RAUEN, M.J. 1978. **A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná.** Curitiba, Governo do Estado do Paraná. Secretaria do Planejamento. 249p.
- BOHNSACK, J.A. 1979. Photographic quantitative sampling of hard-bottom benthic communities. **Bull. Mar. Sci.** 29(2): 242-252.
- BORZONE, C.A. 1994. **Proposta para a categoria e o manejo das Ilhas Oceânicas do Litoral do Paraná.** Pontal do Sul. 125 f. Relatório Técnico - Universidade Federal do Paraná.
- BORZONE, C.A.; P.R. PEZZUTO. 1997. **Relatório técnico dos cruzeiros do Projeto Vieira. I. Cruzeiro I (4 a 9 de dezembro de 1995).** Notas Técnicas da FACIMAR, vol. 1. p.67-80.
- BRANDINI, F.P. 1990. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters of Southern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia** 196: 111-148.
- BRANDINI, F.P.; SILVA, A.S. 2000. Recifes artificiais vs biodiversidade marinha: o exemplo do Estado do Paraná. **V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação.** Vitória, Espírito Santo, 10 a 15 outubro. p. 299-300.
- BRUNO, J.F. 2000. Whole-community facilitation through substrate stabilization by the intertidal grass *Spartina alterniflora*. **Ecology** 81:1179-1192.
- BRUNO, J.F.; M.D. BERTNESS. 2001. Habitat modification and facilitation in benthic marine communities. In: BERTNESS, M.D.; GAINES, S.D.; M. E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology.** Massachusetts: Sunderland. p 204-207.
- CARTER, J. W.; A.L. CARPENTER; M.S. FOSTER; W.N. JESSEE. 1985. Benthic succession on an artificial reef designed to support a kelp-reef community. **Bull. Mar. Sci.** 37(1):86-113.

- CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B.; MIYAO, S.Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em escala média. **Bolm Inst. Oceanogr.** S.Paulo, 35 (2), p. 135-151.
- CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4° N and 34 ° S. In: ROBINSON, A.R.; BRINK, K.H. (Eds.). **The Sea** John Wiley Sons, Inc., vol. 11, cap.8. p. 209-251.
- CONNELL, J.H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stelatus*. **Ecology** 42: 710-723.
- CORREA, M.D.; LOYOLA E SILVA, J. 1990. Macrobentos incrustante em painéis experimentais na Baía de Paranaguá, Paraná. **Resumos do XVII Congresso Brasileiro de Zoologia.** p. 485.
- COUTINHO, R.; PUPO, D.; SAUER-MACHADO, K.R.S.; GUIMARÃES, M.; APOLINÁRIO, M.; GONÇALVES, J.E.A; FERREIRA, C.E.L.; VILLAÇA, R. 1992. Estudos integrados da biologia marinha: influência dos fatores físicos, recrutamento, competição e predação regulando as comunidades bentônicas na região de Arraial do Cabo, RJ. **Simpósio sobre a Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas.** UFRJ, Rio de Janeiro, p.17.
- COUTINHO, R.; COSTA, L.V.G. 1995. Recrutamento e sucessão ecológica de comunidades bentônicas na Ilha de Cabo Frio, RJ, Brasil. **Resumos do VI Congresso Latino Americano de Ciencias del Mar.** Mar del Plata - Argentina, 1, p.57.
- COUTINHO, R; YONESHIGUE, Y. 1988. Diurnal variation in photosynthesis vs. irradiance curves from sun and shade plants of *Pterocladia capillacea* (Gelidiales, Rhodophyta) from Cabo Frio State of Rio de Janeiro, Brazil. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 118: 217-228.
- CROWDER, L.B.; W.E. COOPER. 1982. Habitat structural complexity and the interaction between Bluegills and their prey. **Ecology** 63:1802-1813.
- DALH, A. L.1973. Surface area in ecological analysis: quantification of benthic coral-reef algae. **Mar. Biol.** 23: 239-249.
- ECKMAN, J. E. 1983. Hydrodynamic processes affecting benthic recruitment. **Limnol. Oceanogr.** 28: 241-257.
- ESTON, V. R.; BUSSAB, W.O. 1990. An experimental analysis of ecological dominance in a rocky subtidal macroalgal community. **J.Exp.Mar.Biol.Ecol.** 136:170-195.
- ESTON V.R.; A. E. MIGOTO; E.C. OLIVEIRA-FILHO; S. A. RODRIGUES; J. C. FREITAS. 1986. Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts

- of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). **Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo**. 34: 37-53.
- FALACE, A.; BRESSAN, G. 1999. Quantitative evaluation of algal community on artificial reef in the Gulf of Trieste. In: **Proceedings of Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Habitats**. San Remo, 7 - 11 outubro. p. 623-629.
- FURTADO, V.V.; MAHIQUES, M.M. 1990. Distribuição de sedimentos em regiões costeiras e plataforma continental norte do Estado de São Paulo. **Publ. ACIESP** 71(1): 20-29.
- GROVE, R.S.; SONU, C.J.; NAKAMURA, M. 1991. Design and engineering of manufactured habitats for fisheries enhancement. In: SEAMAN, W.; SPRAGUE, L.M. (Eds.). **Artificial habitats for marine and fresh water fisheries**. Academic Press: 109-152.
- HADDAD, M.A. 1992. **Hidróides (Cnidaria, Hydrozoa) de costões rochosos do litoral Sul do Estado do Paraná**. São Paulo. 122 f. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- HADDAD, M.A.; A.P. CHIAVERINI. 2000. Repartição de espaço entre hidróides (cnidaria, hydrozoa) epifíticos em *Sargassum stenophyllum* (Phaeophyta, Fucales) de Guaratuba, Paraná. **Anais do V simpósio de ecossistemas brasileiros: conservação**, 2, 10 a 15 outubro, Vitória, Espírito Santo. p. 101 - 109.
- HAJDU, E.C.M. 1991. Demospongiae (Porifera) do canal de São Sebastião, São Paulo. **Resumos do XVIII Congresso Brasileiro de Zoologia**. p.6.
- HAJDU, E.C.M.; BOURY-ESNAULT, N. 1991. Marine Porifera of Cabo Frio (Rio de Janeiro Brazil). The family Mycalidae Lundbeck, 1905, with the description of a new species. **Rev. Bras. Biol.** 51(3): 503-513.
- HATTON, H. 1938. Essays de Bionomie explicative sur quelques especies intercontinentales d'algues et d'animaux. **Ann. Inst. Oceanogr. Monaco** 17: 241-348.
- HAY, M.E. 1996. Marine chemical ecology: what's known and what's next? **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 200: 103-134.
- HUGHES, T.P. 1989. Community structure and diversity of coral reefs: the role of history. **Ecology** 70: 275-279.
- HUGHES, T.P.; REED, D.C.; BOYLE M.J., 1987. Herbivory on coral reefs: community structure following mass mortality of sea urchins. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 113: 39-59.

- JACOBI, C.M. 1987. Habitat heterogeneity in rock shores. A case study: mussel Beds. **Anais do I Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - ACIESP** 1: 254-265.
- JACOBI, C.M. 1993. Sucessão em comunidades experimentais aquáticas. **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira - ACIESP** 3: 246-255.
- JONES C.G.; J.H.LAWTON; M.SHACHAK. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. **Ecology** 78 (7): 1946-1957.
- KAKIMOTO, H.; K. TAKAYAMA; M. NODA; K. TSUMURA. 1999. **Functions of artificial reefs and the creation of the shell nursery**. Proceedings Seventh International Conference on Artificial Reefs (7Th CARAH). San Remo, Italy, 7 - 11 october. p. 330-337.
- KONNO, T. 1985. Effects of inclination of a rock surface on the distribution of sublittoral sessile organisms. **J. Tokyo Univ. Fisher.** 72(2): 99-109.
- LANA, P. C.; CAMARGO, M.G.; BROGIM, R.A.; V.J. ISSAC. 1996. **O bentos da costa brasileira: avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1858-1996)**. Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE. Rio de Janeiro: FEMAR.
- LERNER C.B. 1996. Sponges of Gale Island, marine biological reserve of Arvoredo, Santa Catarina, Brazil (Porifera-Demospongiae). **Biociências** 4 (2): 101-129.
- LEONARD, L.A.; M.E. LUTHER. 1995. Flow hydrodynamics in tidal marsh canopies. **Limnol. Oceanogr.** 40:1474-1484.
- LOYA, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat. **Red Sea Mar. Biol.** 13:100-123.
- LOYA, Y.; SLOBODKIN, L.B. 1971. The coral reefs of Eilat (Gulf of Eilat, Red Sea). **Symp. Zool. Soc. Lond.** 28:117-139.
- MAIDA M.; SAMMARCOP.W.; COLL J.C., 1995. Effects of soft corals on scleractinian coral recruitment. I: Directional allelopathy and inhibition of settlement. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 121: 191-202
- MASUNARI, S. 1987. Ecologia das comunidades fitais. **Anais do I Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira.** 54(1): 195-253.
- MASUNARI, S.; FORNERIS, L. 1981. O ecossistema fital: uma revisão. In: Seminários de Biologia Marinha 1980. p.149-172. **Acad. Brasil. Ciênc.** Rio de Janeiro, 383p.

- MENGE, B.A.; G.M. BRANCH. 2001. Rocky intertidal communities. In: BERTNESS, M.D.; GAINES, S.D.; M. E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology**. Massachusetts: Sunderland. p 221-251.
- MIGOTTO, A.E. 1993. **Hidróides (Hydrozoa, Cnidaria) marinhos bentônicos da região costeira do Canal de São Sebastião, SP. São Paulo**. 258 f. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências , Universidade de São Paulo.
- MILLER, M.W.; FALACE A. 2000. Evaluation methods for trophic resource factors - nutrients, and associated assemblages. In: SEAMAN JR., W. (Ed.). **Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats**. p. 95-126.
- NOEMBERG, M.A. 2001. **Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil: um estudo a partir de dados *in situ* e landsat-TM**. Curitiba. Tese de Doutorado - Centro de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná.
- PAINE, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. **Amer. Nat.** 100: 65-75.
- PEQUEGNAT, W.E. 1964. The epifauna of a California siltstone reef. **Ecology** 45(2):272-283.
- PETERSON, C.H.; ESTES, J.A., 2001. Conservation and management of marine communities. In: BERTNESS, M.D.; S.D. Gaines; M.E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology**. Massachusetts: Sunderland. p. 469-508
- PICHON, M. 1978. Quantitative benthic ecology of Tuléar reefs. In: STOODART, D.R.; R.E. JOHANNES (Eds.). **Coral reefs: research methods monographs on oceanographic methodology 5**. UNESCO.
- PIELOU, E.C. 1975. **Ecological diversity**. New York: Wiley. 165 pp.
- PORTELLA, K.F.; NOGUEIRA, J.R.G.; KORMANN, A.C.M.; BARON, O.; CANTÃO, M.P.; HENKE S.L.; JOUKOSKI, A.; KENNY, E.D.; SILVA, A.S.; CERON, C. 2001. **Estudo de dosagem e desempenho de concreto para a construção de recifes artificiais marinhos. Um ano de envelhecimento natural a 17 m. de profundidade na Costa do Estado do Paraná**. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO. Foz do Iguaçu. 16-20 Agosto.
- ROCHA, R.M. 1989. Comunidade incrustante da face inferior de blocos de rocha soltos na zona entremarés (São Sebastião - SP). **Resumo do VIII Mini-Simpósio de Biologia Marinha**. p.30.
- ROCHA, R.M. 1991. Distribuição de Ascidiacea na região intermareal de São Sebastião, SP. **Resumos do II Simpósio sobre Oceanografia, IO - Universidade de São Paulo**. p.145.

- RODRIGUES, S.A.; R.M. ROCHA. 1993. Littoral compound ascidians (Tunicata) from São Sebastião, São Paulo, Brazil. **Proc. Biol. Soc. Wash.** 106: 728-739.
- SCHUHMACHER, H.; L. SCHILLAK. 1994. Integrated eletrochemical and biogenic deposition of hard material - a nature-like colonization substrate. **Bull. Mar. Sci.** 55(2-3): 672-679.
- SGROTT SAUER MACHADO, K.R.; CHAPMAN, A.R.O.; E. R. COUTINHO. 1992. Patch structure in a tropical rocky shore community in Brazil: a mosaic of successional states? **Ophelia** 35(3): 187-195.
- SILVA, E.T.; SILVA, A.S.; BRANDINI, F.P.; BRUSAMOLIN, F.P. 1997. **Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Uma proposta de conservação da biodiversidade e desenvolvimento da pesca artesanal na costa do Estado do Paraná.** Anais da Semana Nacional de Oceanografia. UNIVALI/FACIMAR, Itajaí, 5 a 10 de outubro. p.566-569.
- SUTHERLAND, P.J.; KARLSON, R.H. 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. **Ecol. Monogr.** 47: 425-446.
- TOKESHI, M.; L. ROMERO. 1995. Filling a gap: dynamics of space occupancy on a mussel-dominated subtropical rocky shore. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 119: 167-176.
- VANDERMEULEN, H.; R.E. DE WREEDE. 1982. The influence of orientation of an artificial substrate (transite) on settlement of marine organisms. **Ophelia** 21(1): 41-48.
- WALTERS, L.J.; D. WETHEY. 1986. Surface topography influences competitive hierarchies on marine hard substrata: a field experiment. **Biol. Bull.** 170: 441-449.
- WITMAN, J.D.; P.K. DAYTON. 2001. Rocky Subtidal Communities. In: BERTNESS, M.D.; S.D. GAINES; M.E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology.** Massachusetts: Sunderland. p. 339-361.
- ZALMON, I.R.; OMENA, E.P.; BRASIL, A.C.S.; BARRETO, C.C. 1991. **Variabilidade de tamanho amostral em painéis de incrustação biológica na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.** 519 p. Resumos do XVIII Congresso Brasileiro de Zoologia, Salvador, Bahia.
- ZIMMERMAN, R.; T. MINELLO; T. BAUMER; M. CASTIGLIONE. 1989. **Oyster reef as habitat for estuarine macrofauna.** 249 p. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC.

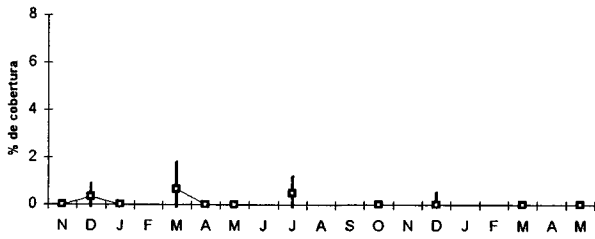
3.8. ANEXOS

Anexo I. Variação temporal das abundâncias (% de cobertura) para as espécies encontradas nos painéis experimentais.

Algas incrustantes

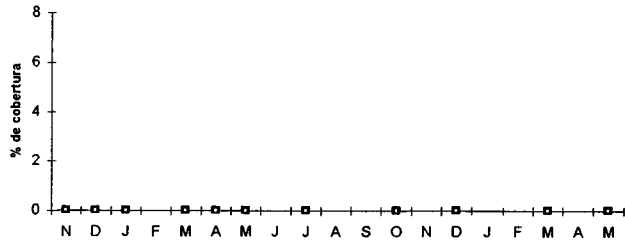
Face Exposta

Camada A

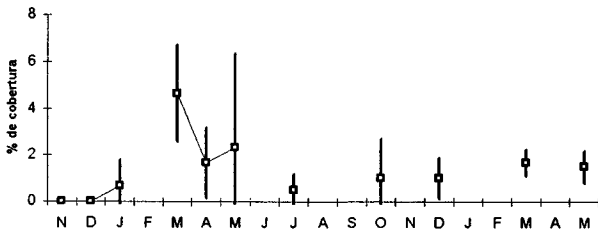


Face Protegida

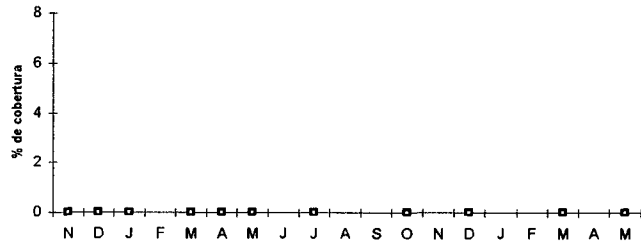
Camada A



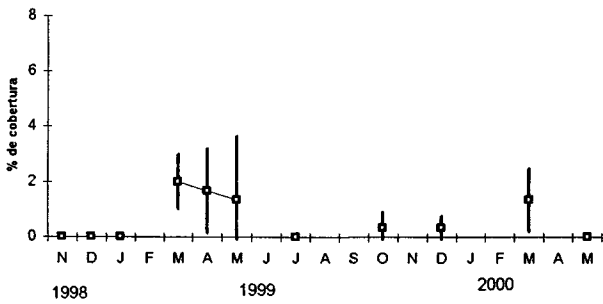
Camada B



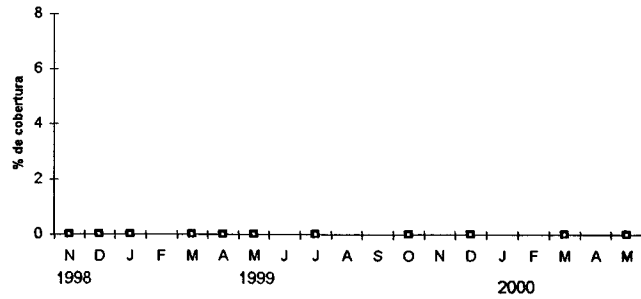
Camada B



Camada C



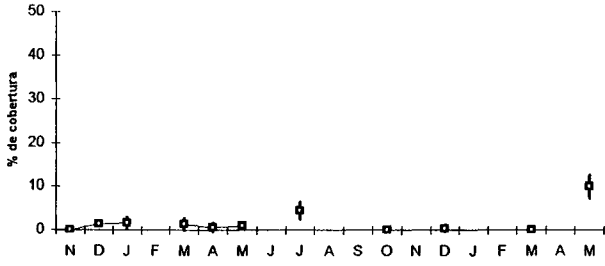
Camada C



Didemnum granulatum

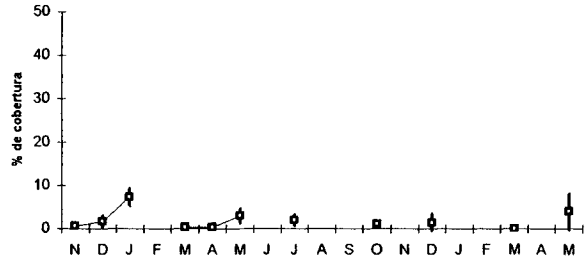
Face Exposta

Camada A

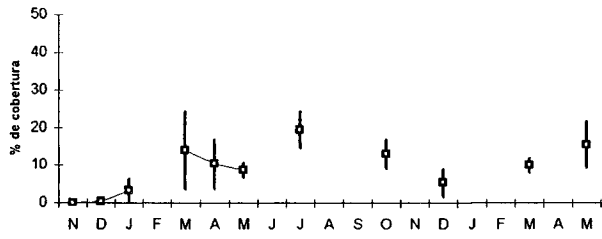


Face Protegida

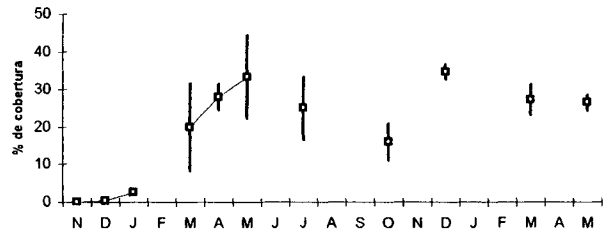
Camada A



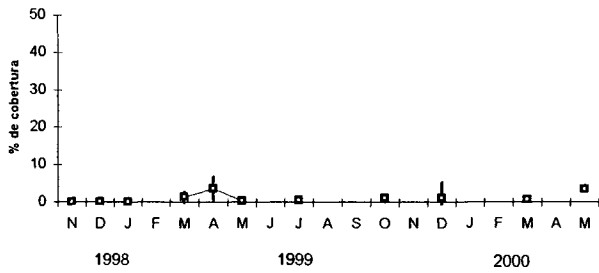
Camada B



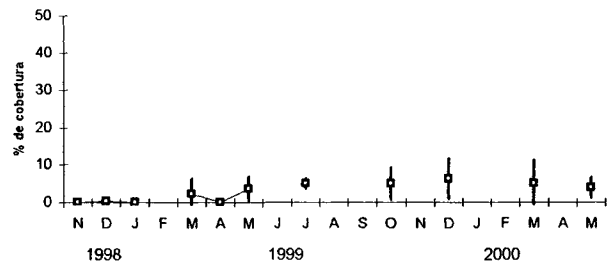
Camada B



Camada C



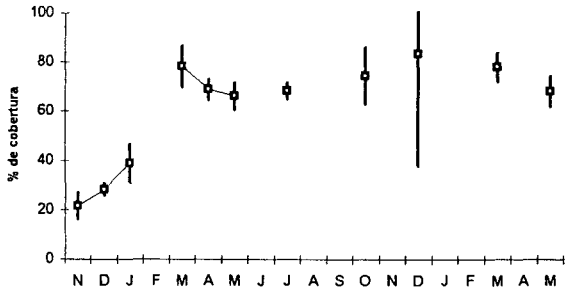
Camada C



Ostrea puelchana

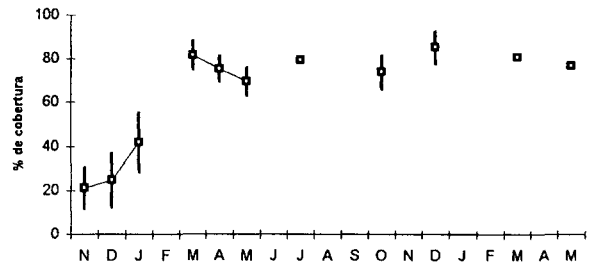
Face Exposta

Camada A

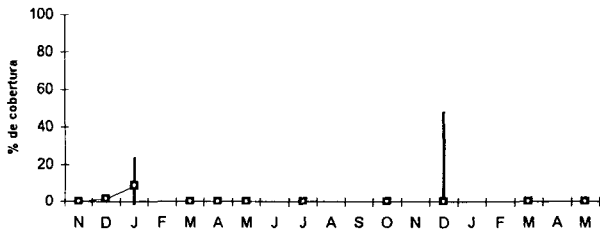


Face Protegida

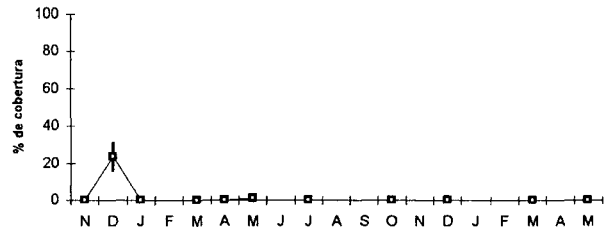
Camada A



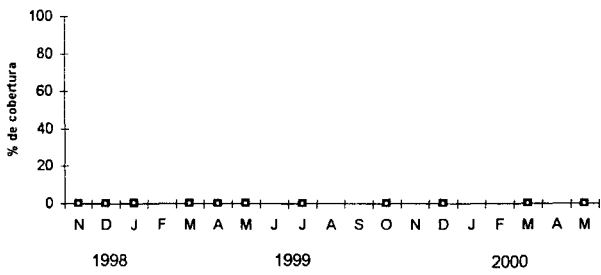
Camada B



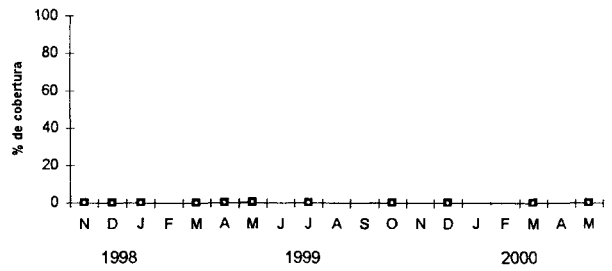
Camada B



Camada C



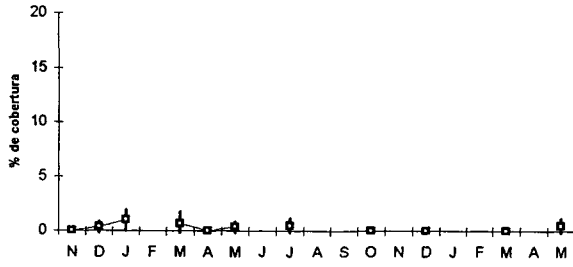
Camada C



Didemnum rodriguezii

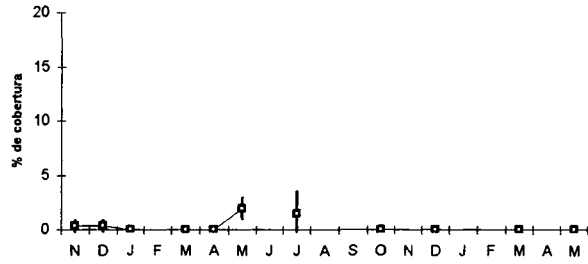
Face Exposta

Camada A

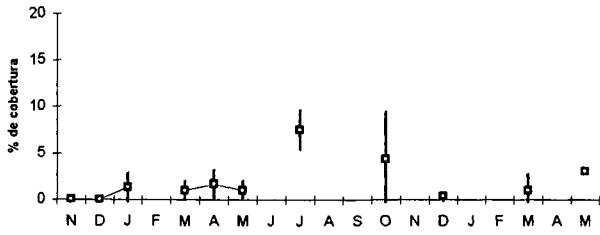


Face Protegida

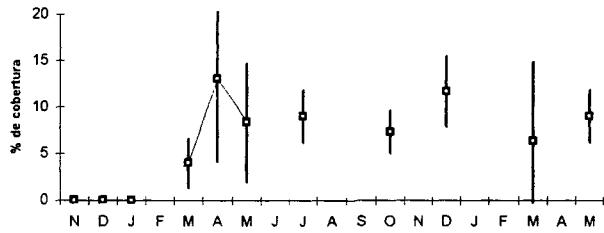
Camada A



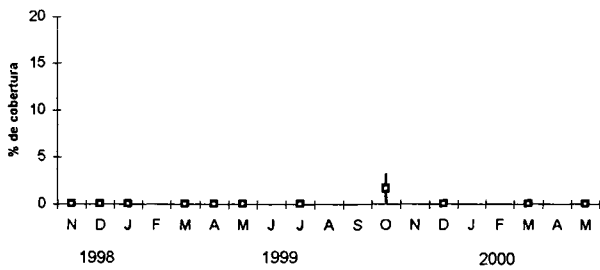
Camada B



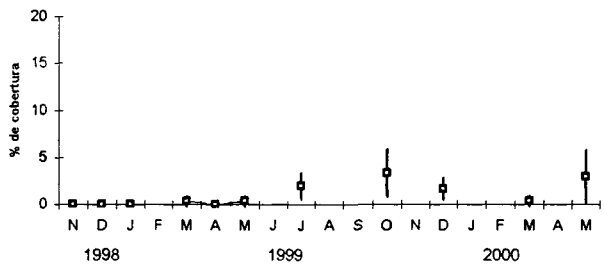
Camada B



Camada C



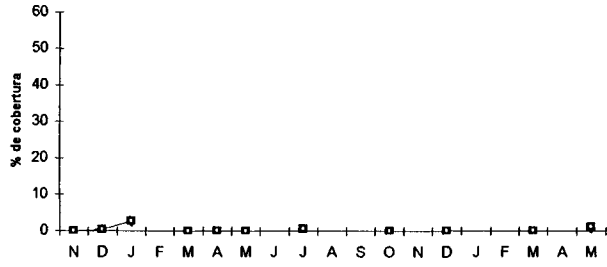
Camada C



Diplosoma listerianum

Face Exposta

Camada A



Face Protegida

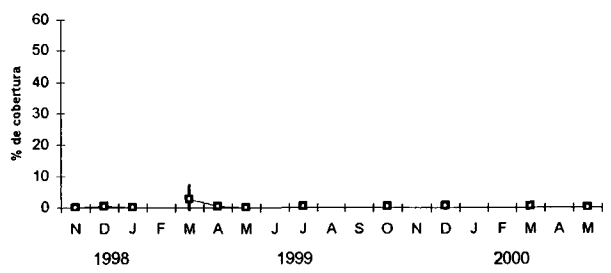
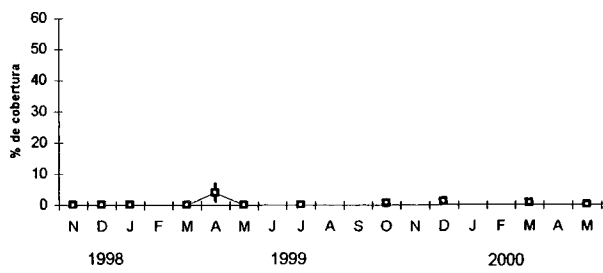
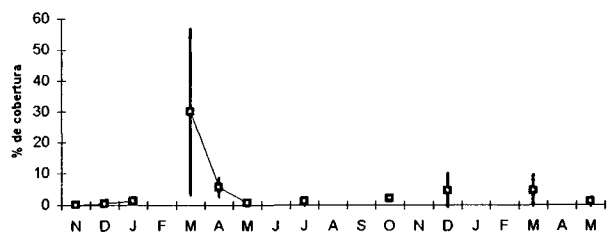
Camada A



Camada B



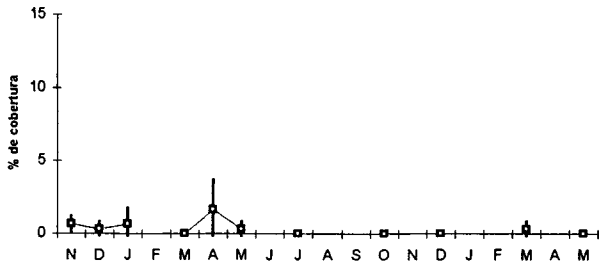
Camada B



Ascidia sp 2

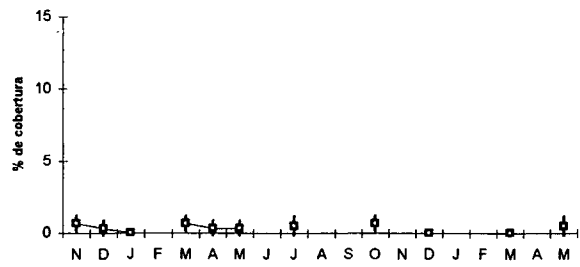
Face Exposta

Camada A

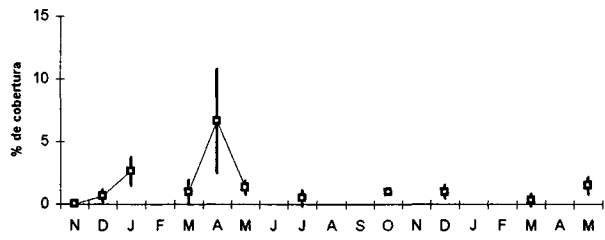


Face Protegida

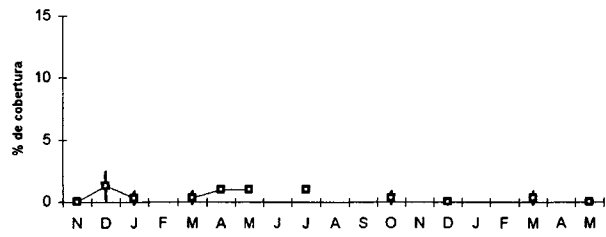
Camada A



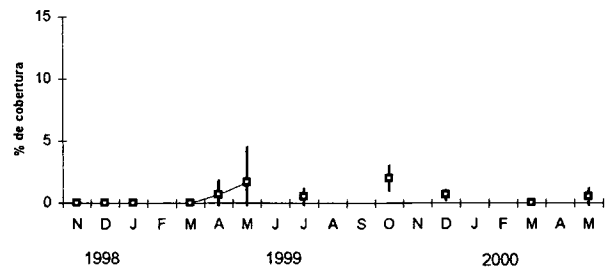
Camada B



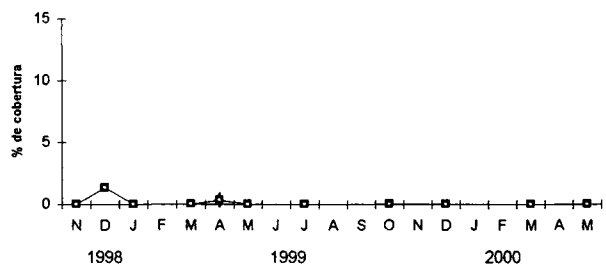
Camada B



Camada C



Camada C



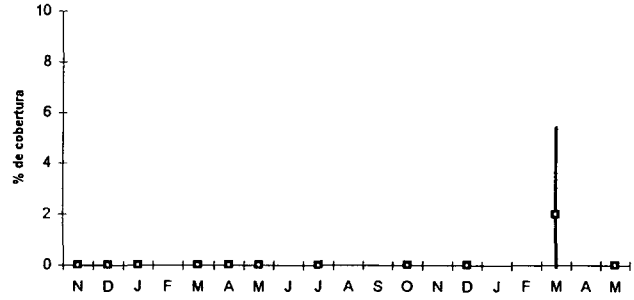
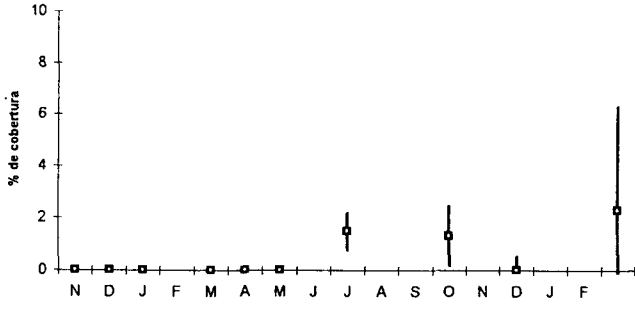
Phylangia americana

Face Exposta

Face Protegida

Camada A

Camada A



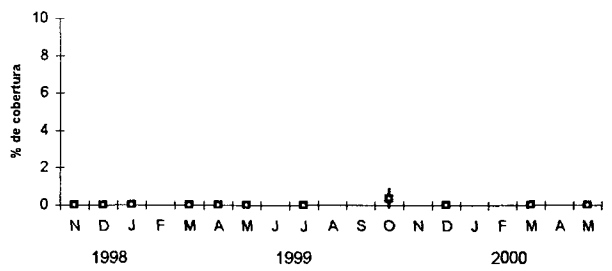
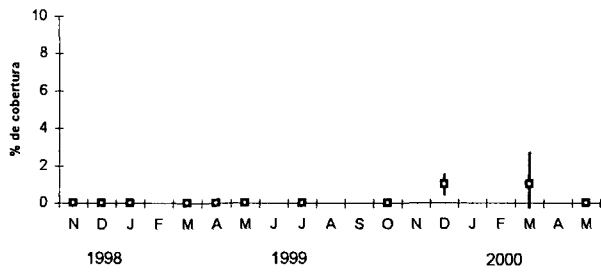
Camada B

Camada B



Camada C

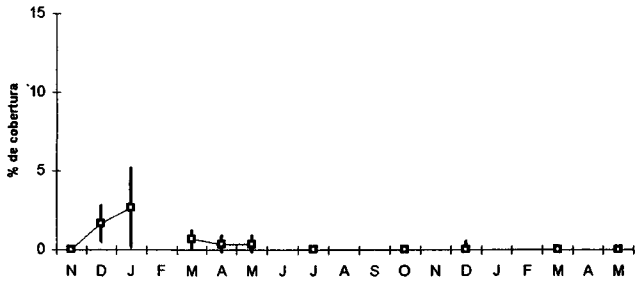
Camada C



Schyzoporela sp

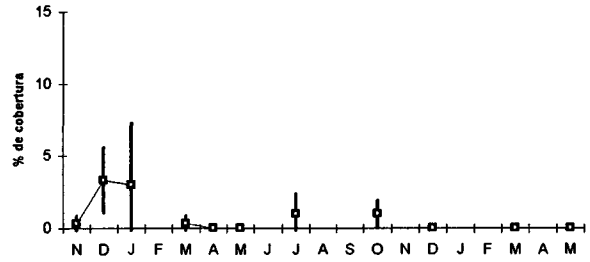
Face Exposta

Camada A

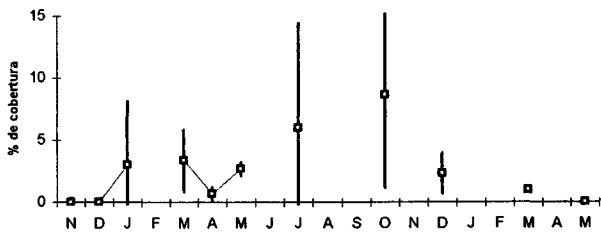


Face Protegida

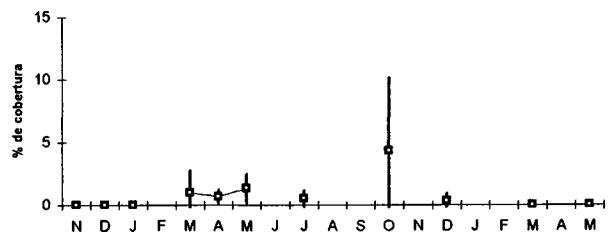
Camada A



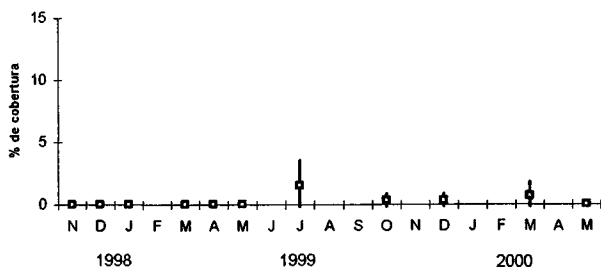
Camada B



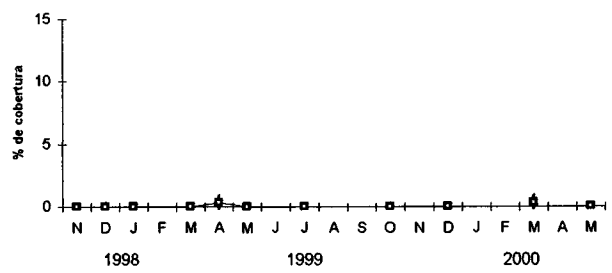
Camada B



Camada C



Camada C



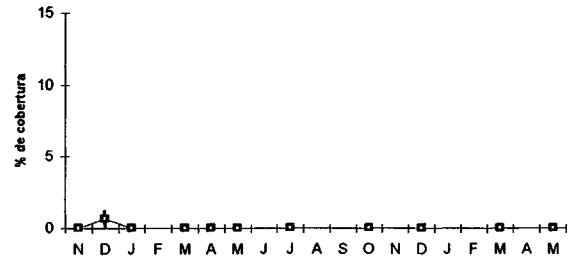
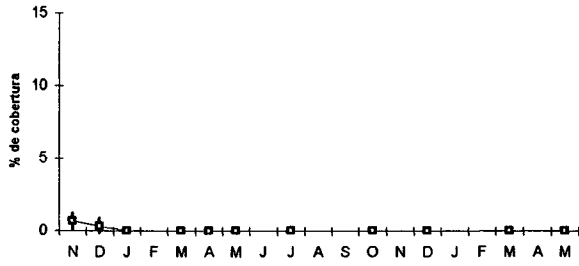
Bryozoa sp 3 arborescente

Face Exposta

Face Protegida

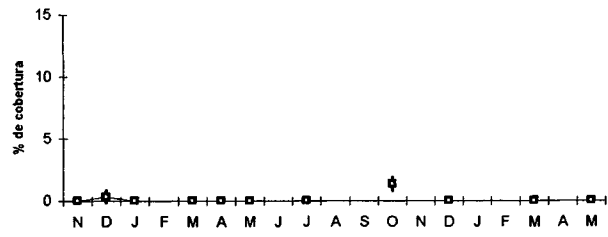
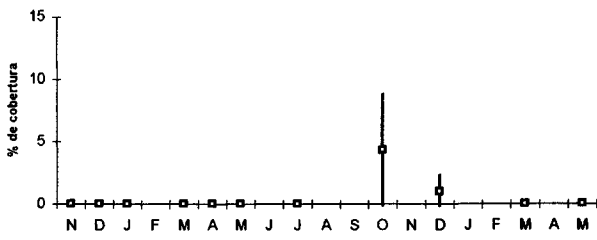
Camada A

Camada A



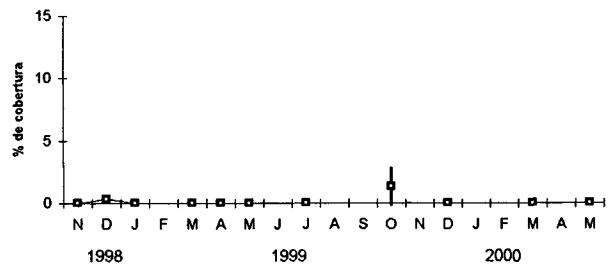
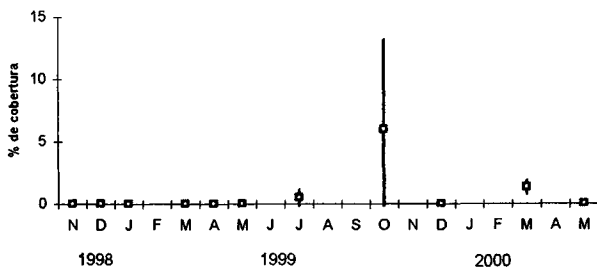
Camada B

Camada B



Camada C

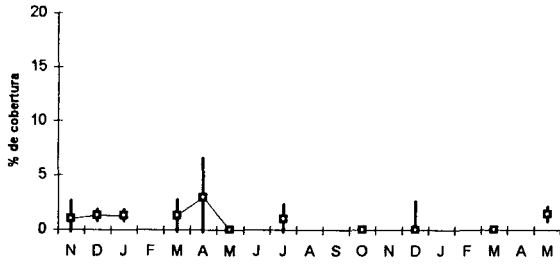
Camada C



Bugula sp.

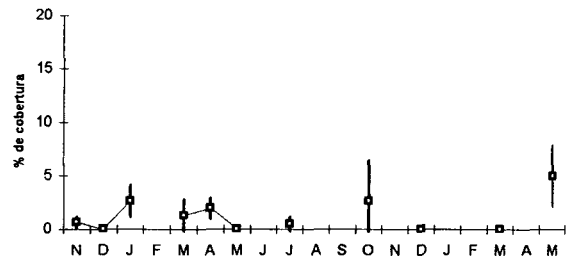
Face Exposta

Camada A

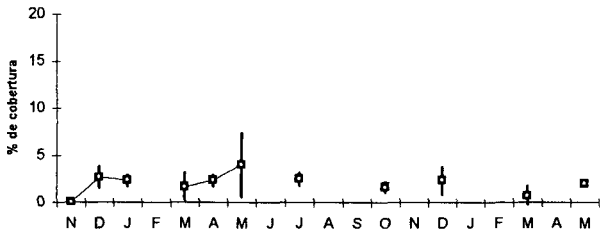


Face Protegida

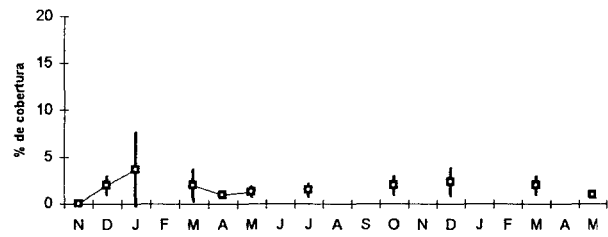
Camada A



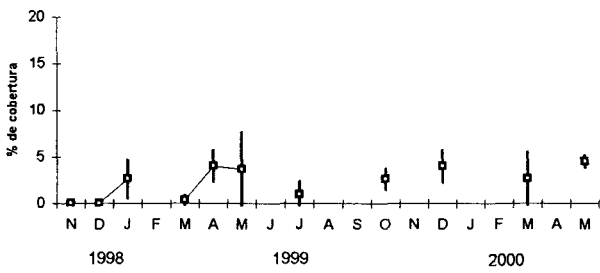
Camada B



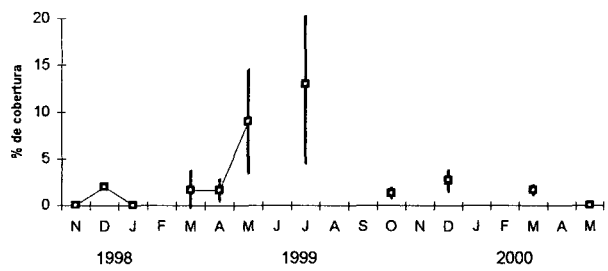
Camada B



Camada C



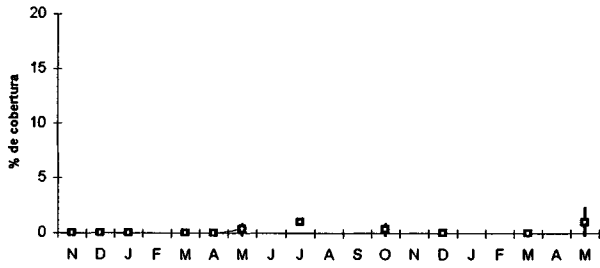
Camada C



Mycale (carmia) microstigmata

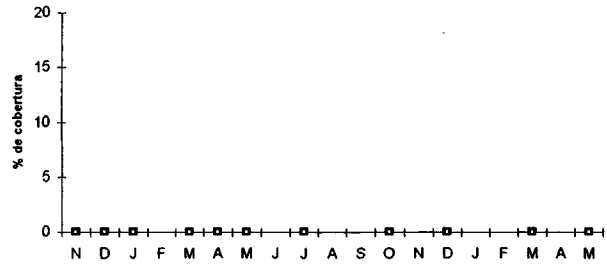
Face Exposta

Camada A

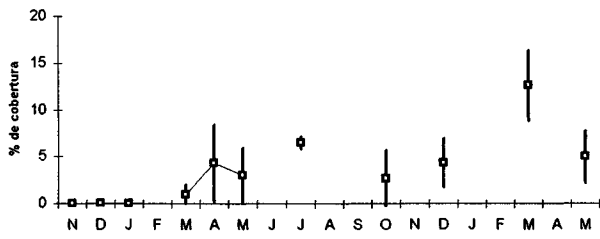


Face Protegida

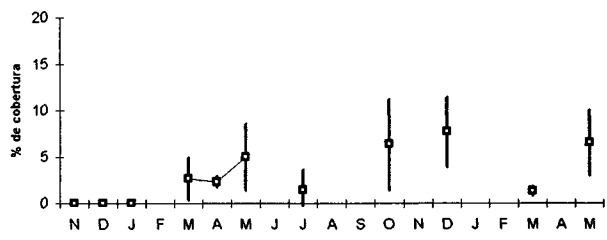
Camada A



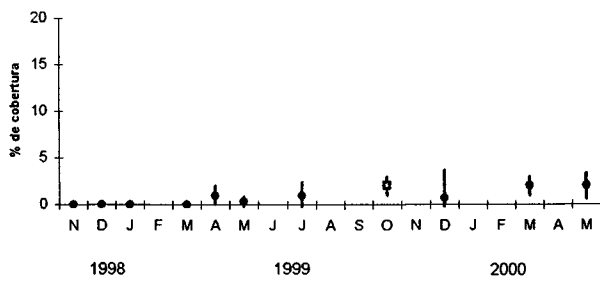
Camada B



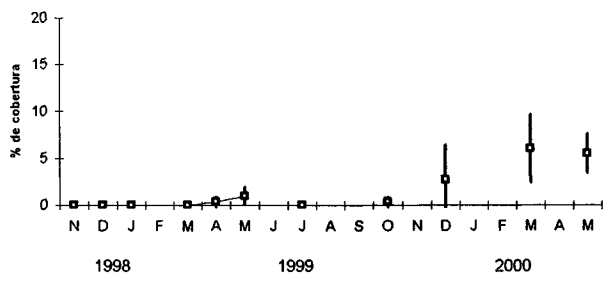
Camada B



Camada C



Camada C



Esponja sp. 2 reticulada

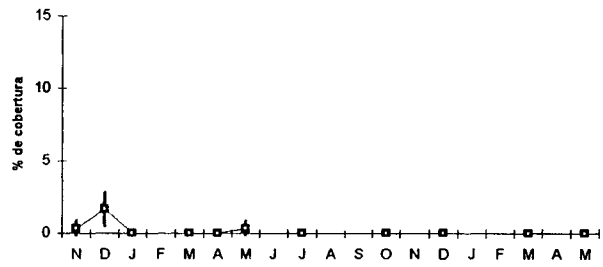
Face Exposta

Camada A

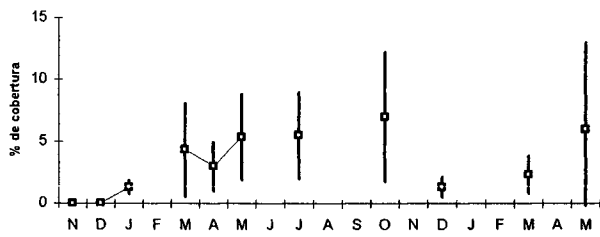


Face Protegida

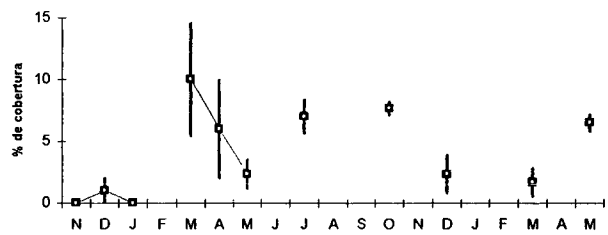
Camada A



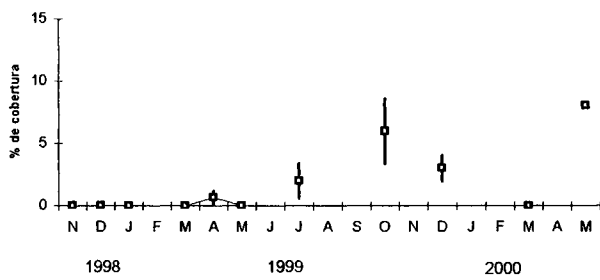
Camada B



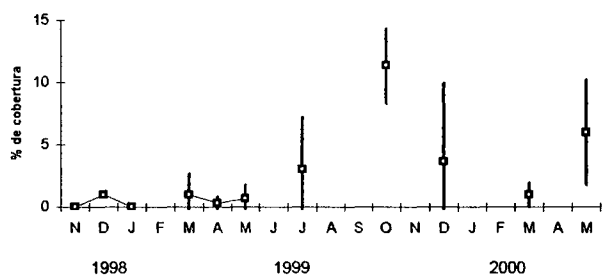
Camada B



Camada C



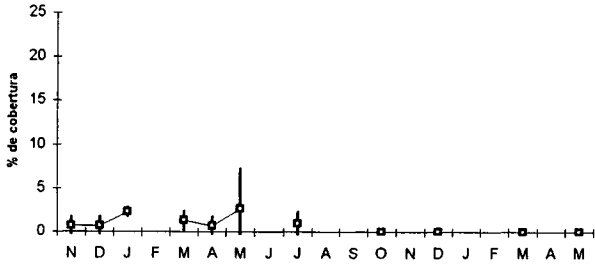
Camada C



Haliclona sp.

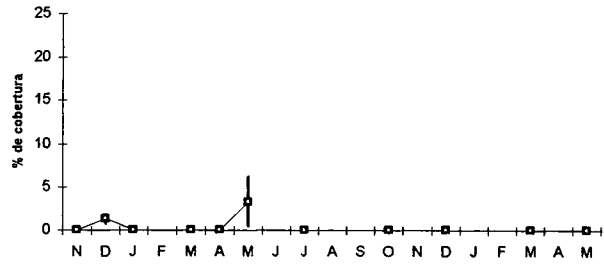
Face Exposta

Camada A

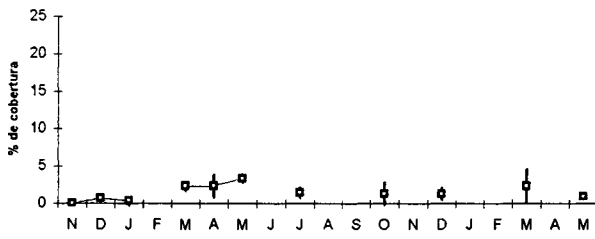


Face Protegida

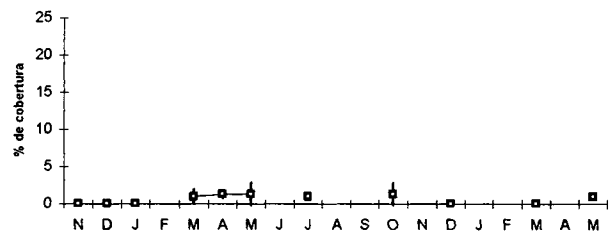
Camada A



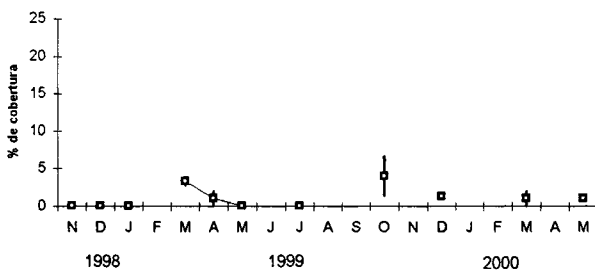
Camada B



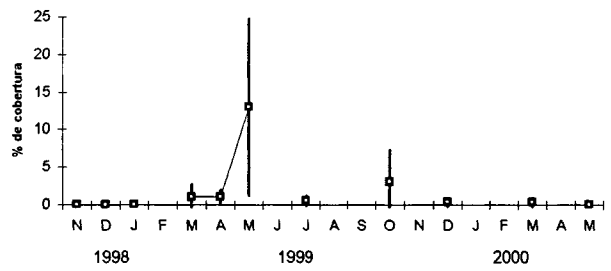
Camada B



Camada C



Camada C



Clytia gracilis

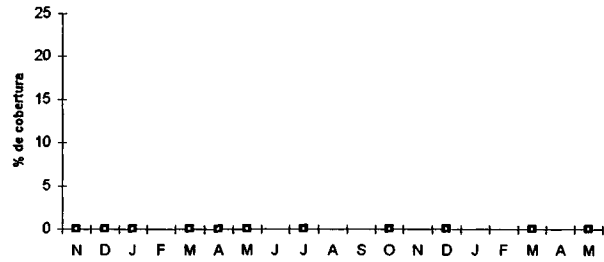
Face Exposta

Camada A

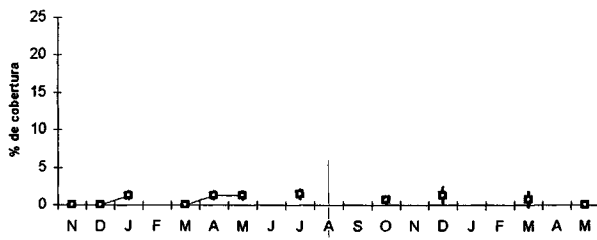


Face Protegida

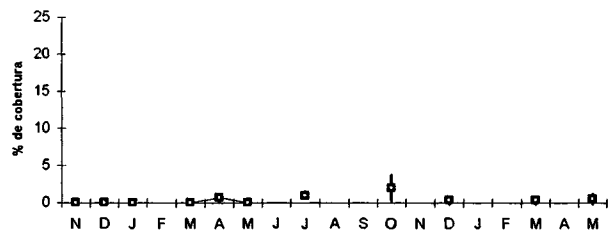
Camada A



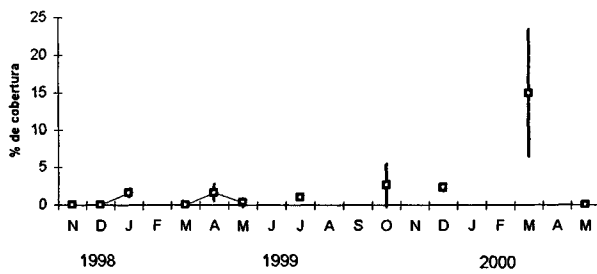
Camada B



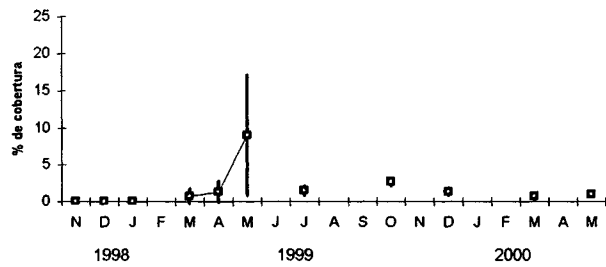
Camada B



Camada C



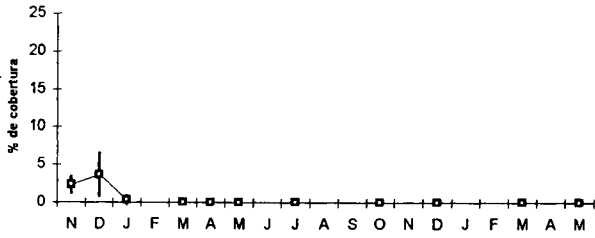
Camada C



Dentiteca bidentata

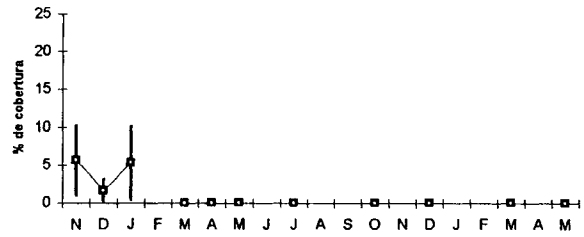
Face Exposta

Camada A

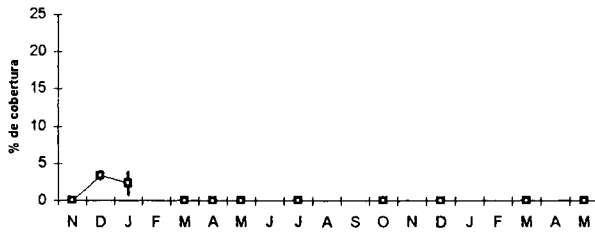


Face Protegida

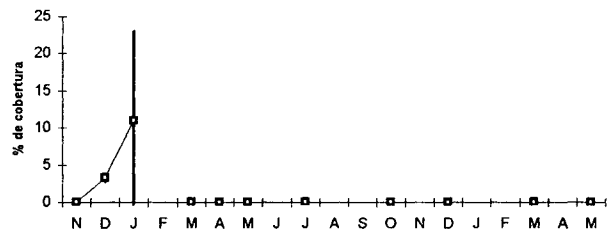
Camada A



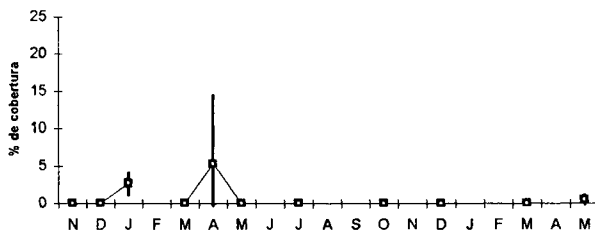
Camada B



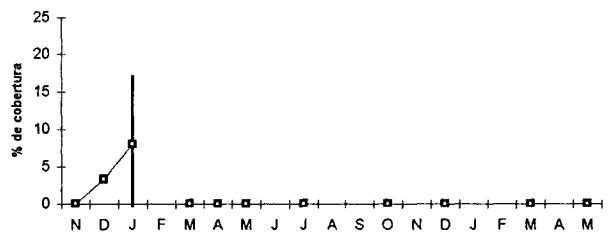
Camada B



Camada C



Camada C



1998

1999

2000

1998

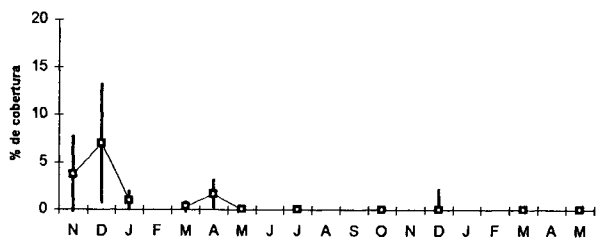
1999

2000

Obelia bicuspidata

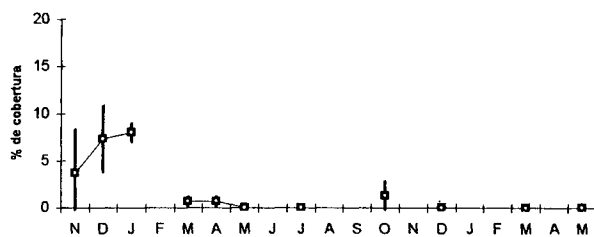
Face Exposta

Camada A

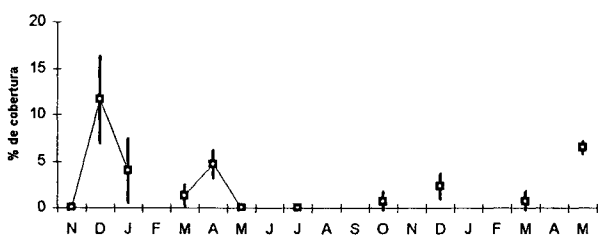


Face Protegida

Camada A



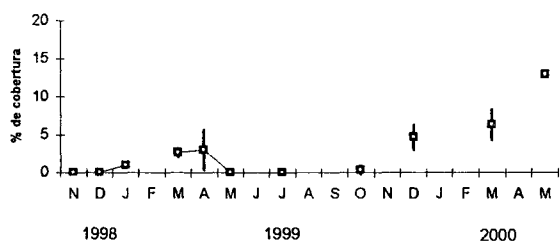
Camada B



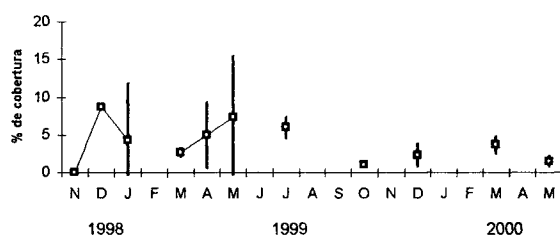
Camada B



Camada C



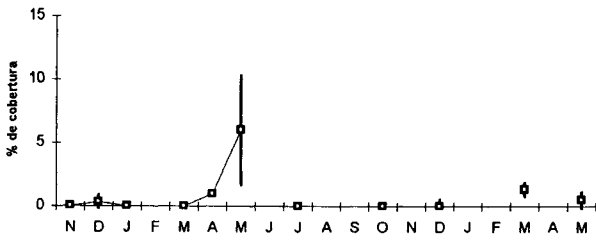
Camada C



Modiolus carvalhoi

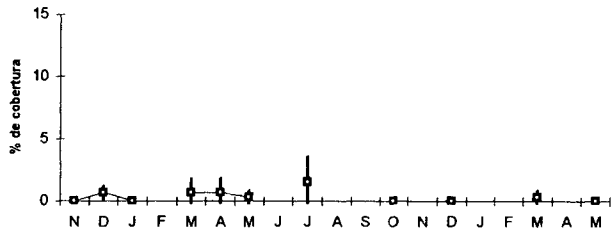
Face Exposta

Camada A

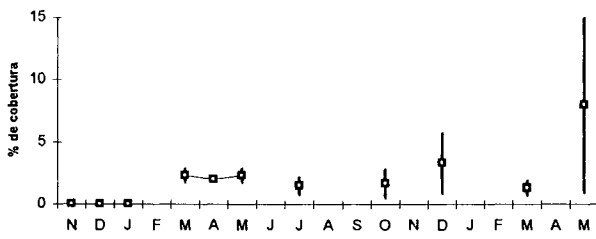


Face Protegida

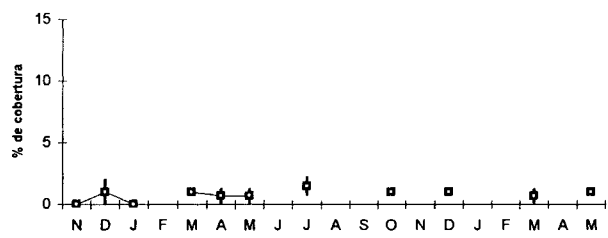
Camada A



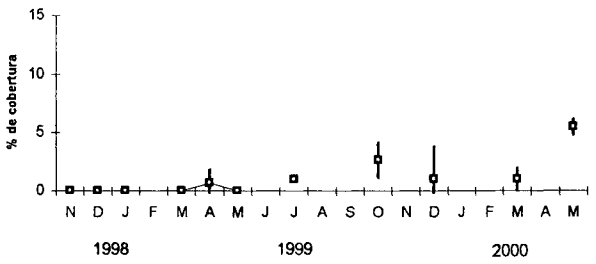
Camada B



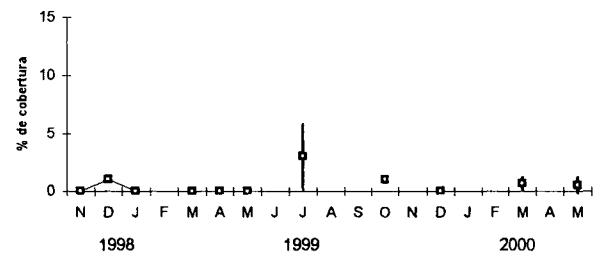
Camada B



Camada C



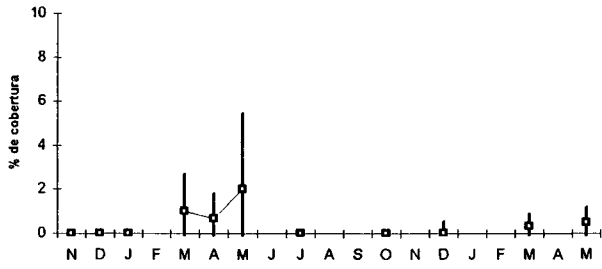
Camada C



Chama macerophila

Face Exposta

Camada A

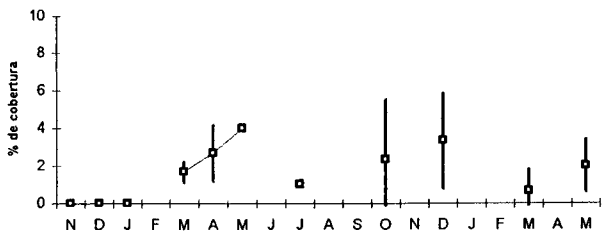


Face Protegida

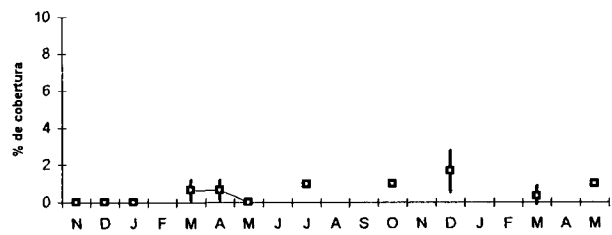
Camada A



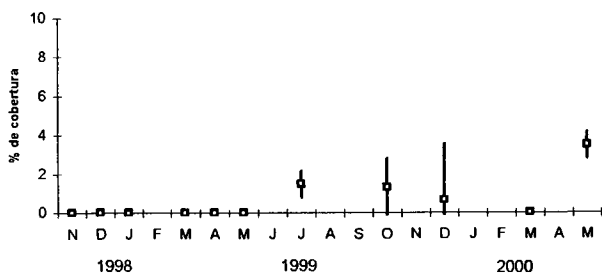
Camada B



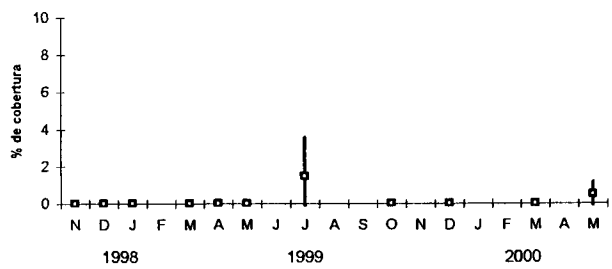
Camada B



Camada C



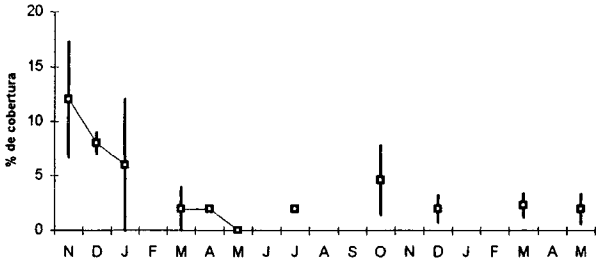
Camada C



Chthamalus bissinuatus

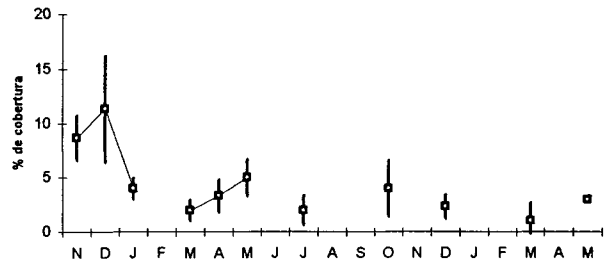
Face Exposta

Camada A

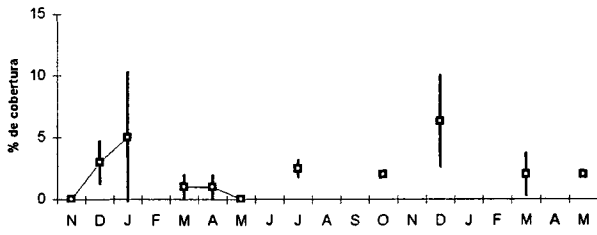


Face Protegida

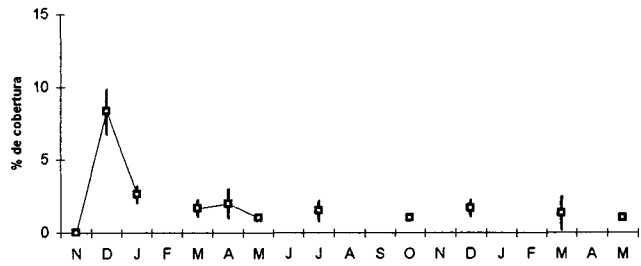
Camada A



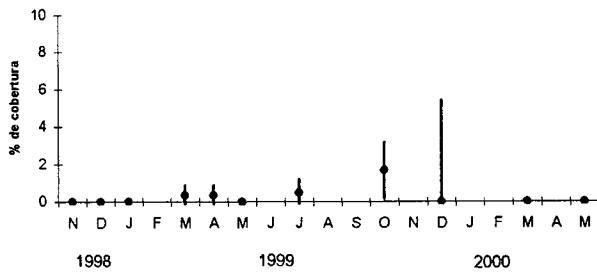
Camada B



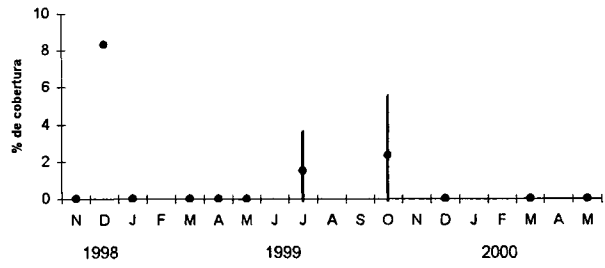
Camada B



Camada C



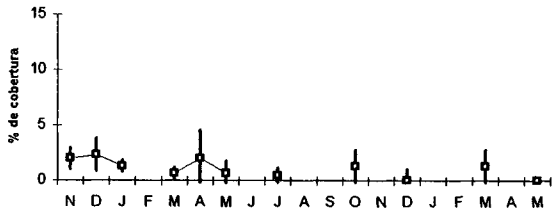
Camada C



Serpulidae

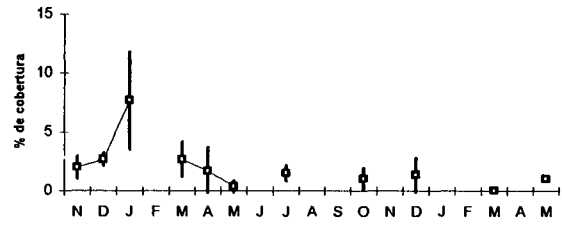
Face Exposta

Camada A

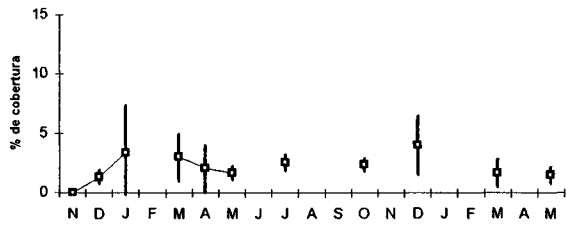


Face Protegida

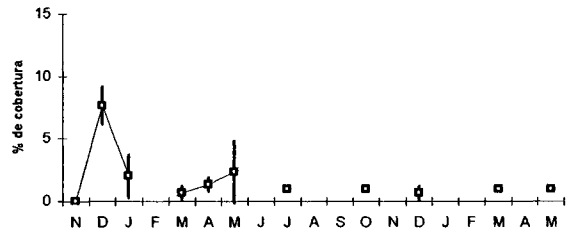
Camada A



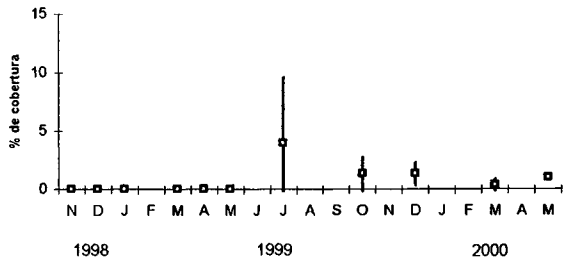
Camada B



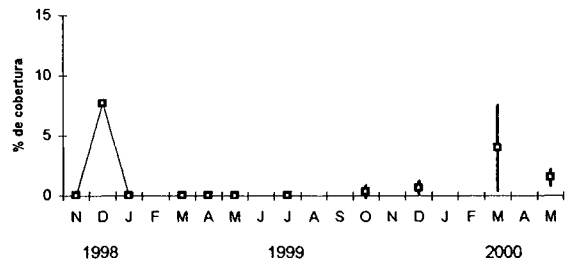
Camada B



Camada C



Camada C



CAPÍTULO IV

PADRÕES SAZONAIS NO RECRUTAMENTO DA COMUNIDADE EPILÍTICA EM SUBSTRATOS ARTIFICIAIS DO INFRALITORAL DA PLATAFORMA RASA DO ESTADO DO PARANÁ

4.1 INTRODUÇÃO

O padrão de recrutamento de organismos epilíticos é tido como fator importante na estruturação de comunidades epilíticas do infralitoral (Russ, 1982; Sebens, 1986; Roughgarden *et al.*, 1988; Witman & Dayton, 2001) uma vez que a ocupação inicial do espaço possibilita aos organismos incrustantes o acesso a outros recursos, como luz e alimentos (Witman & Dayton, 2001).

A intensidade do recrutamento depende da combinação de cinco fatores principais: a produção de larvas, a dispersão larval, a mortalidade durante a dispersão, o assentamento, incluindo os processos de seleção e fixação em substratos apropriados e a sobrevivência e crescimento dos pré-recrutados, até que estes sejam incluídos na população como recrutados "verdadeiros" (*sensu* Holm, 1990). Todos estes fatores são, por sua vez, dependentes das condições ambientais e de suas variações.

Não existem informações sobre os padrões sazonais de recrutamento de organismos epilíticos da plataforma rasa das Regiões Sul e Sudeste do Brasil em relação à hidrografia.

Sebens *et al.* (1988), Smith (1999) e Witman & Dayton (2001) sugerem que a estrutura de comunidades epilíticas do infralitoral são menos afetadas pelo "stress" físico da zona entremarés (ondas, turbulência, variações bruscas de temperatura, etc.). Portanto, a estrutura e a dinâmica temporal de populações adultas, quantitativamente diferentes, estão associadas a fatores sinecológicos, padrões temporais de disponibilidade larval e ao sucesso no recrutamento (Sutherland, 1974; Sutherland & Karlson, 1977; Menge, 1976, 1992; Law & Morton, 1993; Smith, 1999).

Segundo Roughgarden *et al.* (1988), o suprimento larval é um fator importante que regula a estrutura das comunidades epibênticas. Porém, o sucesso do recrutamento depende também do assentamento seletivo, exclusão interespecífica no assentamento larval e a mortalidade após o assentamento (Connell, 1985; Gaines & Roughgarden, 1985; Nandakumar, 1996; Osman & Whitlatch, 1998; Underwood & Keough, 2001).

Embora o recrutamento seja fundamental no desenvolvimento de comunidades epilíticas, a maioria dos estudos sobre padrões de variação temporal e espacial da abundância de espécies em relação ao recrutamento, foram desenvolvidos na zona entremarés ou em áreas rasas do infralitoral (David *et al.*, 1997). Além disso, concentram-se em ecossistemas temperados ou em recifes de coral de zonas tropicais (Caffey, 1985; Connell, 1985; Gaines & Roughgarden, 1985; Pickett & White, 1985; Harriott & Fisk, 1987; Maida *et al.*, 1994, 1995). Estudos no infralitoral mais profundo, na interface com o circalitoral, cujas comunidades são dominadas por organismos filtradores, são comparativamente raros devido às dificuldades logísticas e metodológicas (Witman & Dayton, 2001).

Substratos artificiais são amplamente utilizados em estudos de recrutamento epibêntico e de sucessão (Sutherland & Karlson, 1977; Harriott & Fisk, 1987; Jacobi, 1993; Maida *et al.*, 1995; Zalmon, 1995) devido à facilidade de controle de variáveis físicas, tais como espaço de colonização, textura, inclinação, exposição à radiação solar e volume. Substratos de concreto também permitem a manipulação e o controle de algumas características químicas como o pH que, em certos casos, é um estímulo químico detectado por larvas seletivas (Vandermeulen & DeWreede, 1982; Schuhmacher & Schillak, 1994; Underwood & Keough, 2001). Desta forma, experimentos com substratos experimentais permitem imitar as características dos substratos naturais com a vantagem de reduzir a interferência de variáveis não selecionadas para o estudo.

No Brasil, alguns aspectos do recrutamento no infralitoral foram estudados em regiões coralinas e áreas estuarinas rasas. Absalão (1993), Zalmon *et al.* (1993) e Zalmon (1995) estudaram aspectos de colonização primária de comunidades epibênticas utilizando painéis experimentais na Baía da Guanabara, enquanto que Coutinho *et al.* (1992) estudaram o recrutamento como fator regulador de comunidades bentônicas.

Embora existam informações sobre a fisiologia e o desenvolvimento larval de invertebrados na Região Sul do Brasil (Brandini *et al.*, 1997), não há informações detalhadas sobre as épocas de assentamento e o recrutamento de espécies epilíticas.

O objetivo deste estudo é interpretar os padrões sazonais de recrutamento de organismos epilíticos em substratos artificiais em relação aos parâmetros

ambientais, de modo a subsidiar o entendimento da estrutura das comunidades bêmicas do infralitoral consolidado da plataforma rasa do Estado do Paraná.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Confeção do substrato artificial

As coletas de recrutas da comunidade epilítica foram feitas com painéis de concreto com 30 x 26 cm, e 2cm de espessura, confeccionados com cimento resistente a sulfatos (Votoran[®] Portland CP IV - RS), agregados (areia, pedra brita) e aditivos (superplastificante inerte e microsíllica). Os materiais e suas proporções foram determinados após estudos físico-químicos do concreto realizados pelo Laboratório de Materiais e Estruturas da UFPR (Portella *et al.*, 2001) de modo que o pH dos painéis fosse ajustado até aproximadamente 8,5, *i.e.*, semelhante ao dos substratos rochosos da área de estudo. O ajuste do pH evita o assentamento larval seletivo devido à alcalinidade do substrato. Para evitar recrutamento seletivo causado pela rugosidade, a superfície dos painéis foi uniformizada por alisamento e lavagem, minimizando o número de microcríptas na área amostrai.

4.2.2 Amostragem

As coletas de recrutas foram feitas em uma estação localizada na face sul da Ilha de Currais (Lat. 25°41'30"S, Long. 48°22'00"W) na plataforma rasa do Estado do Paraná (Figura 1). A cada mês, 3 painéis, eram instalados aleatoriamente em uma armação metálica a 18 metros de profundidade, onde ficaram suspensos por cabos de aço inoxidável, mantendo uma inclinação de 45° (face exposta) e 225° (face protegida) (Figura 2), e foram posicionados paralelamente ao sentido predominante da corrente, visando minimizar os efeitos físicos pela ação de ondas e correntes de marés sobre os painéis.

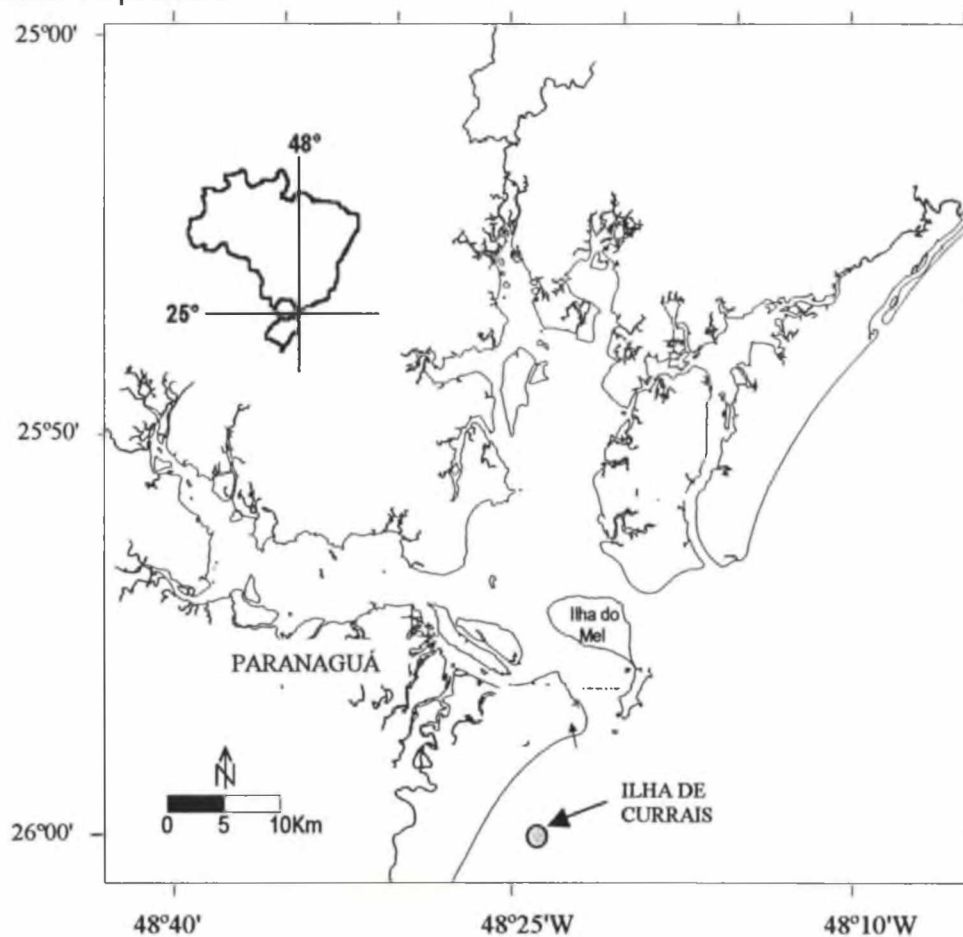


Figura 1. Localização da área de estudo, junto à Ilha de Currais, na porção central da costa do Estado do Paraná.



Figura 2. Foto ilustrativa da estrutura de suporte das placas experimentais instalada a 18 metros de profundidade na plataforma paranaense.

Os primeiros painéis foram instalados no dia 26 de outubro de 1998. A partir daí, foram coletados e substituídos a cada mês até maio de 2000. Devido a problemas logísticos em fevereiro, junho e novembro de 1999, e janeiro, fevereiro e abril de 2000, não foi possível a coleta em intervalos de tempo menores que 40 dias, e os painéis destes meses foram desconsiderados das análises.

As coletas e substituições de painéis foram feitas com mergulho autônomo. Os painéis de recrutamento foram acondicionados em tambor plástico contendo água do mar local. As triagens foram feitas logo após as coletas, observando-se os painéis sob microscópio estereoscópio PZO-Labimex com aumento de 10 X e braço extensor. Para facilitar a observação dos organismos de crescimento erétil, os painéis permaneciam submersos em uma bandeja plástica contendo água do mar. Para a quantificação dos *taxa*, foi utilizada a metodologia de contagem de

intersecções de uma área quadriculada, considerando 100 intersecções, adaptada de Sutherland (1974) e Menge (1976).

A maioria dos táxons observados eram pequenos e sem estruturas reprodutivas. Isto impediu a classificação taxonômica precisa e, portanto, as abundâncias de organismos taxonomicamente próximos foram somadas para obtenção de abundâncias por grupos e famílias. Porém, em alguns casos, foi possível discriminá-los e quantificá-los no nível de gênero.

Para as descrições dos diferentes grupos foram utilizadas duas medidas de abundância devido a diferenças na forma do corpo e crescimento de alguns taxa. A porcentagem de cobertura foi utilizada para quantificar organismos coloniais, com crescimento laminar ou com corpos maiores que 0,5 cm, e a densidade numérica de estolões ou indivíduos foi utilizada para os organismos com crescimento vertical e pequenas dimensões (acima de 0,12 cm). Recrutas de bivalves e cirripédios nos substratos adjacentes foram quantificados em densidade/cm² e foram considerados recrutas somente os indivíduos com mais de 0,5 cm de diâmetro e/ou comprimento da concha. Organismos de crescimento vertical menores que 0,12 cm e de crescimento horizontal menores que 0,5 cm não foram considerados recrutas devido a dificuldades metodológicas para sua identificação e quantificação.

A temperatura foi registrada *in situ* durante os mergulhos, com um termômetro de mercúrio. A salinidade foi medida em amostras discretas com refratômetro manual Atago 100. A zona eufótica foi estimada com o disco de Secchi na superfície (leitura da distância vertical), e a transparência no fundo, junto aos painéis experimentais, foi registrada com base na visibilidade horizontal do disco de Secchi.

4.2.3 Análise de Dados

Os painéis de recrutamento instalados aos 18 metros de profundidade, foram analisados em relação à composição e abundância relativa de recrutas dos grupos taxonômicos por meio de valores médios mensais das faces exposta e protegida.

Análises numéricas para o cálculo do índice de similaridade, foram feitas a partir dos dados transformados pela raiz quadrada das médias de recrutamento em cada mês. Esta medida foi tomada para minimizar a variância causada pelo uso de um pequeno número de réplicas ($n=3$). Para a análise de agrupamento, os dados dos organismos expressos em densidade (ind/cm^2) foram transformados em porcentagem de cobertura, com a utilização de fatores de conversão calculados com base no tamanho médio de cada taxa. Agrupamentos temporais semelhantes foram identificados pela análise de agrupamento através do índice de Bray-Curtis (Clarck & Warwick, 1994). Também foi utilizado o método de ordenação n-MDS (non-metric Multi Dimensional Scaling), com seus resultados plotados em um gráfico de dispersão, para visualizar os agrupamentos similares.

Análises de variância ("one way" ANOVA) foram aplicadas para testar as hipóteses de igualdade das médias das abundâncias dos taxóons entre as amostras coletadas nos diferentes meses, sendo que cada face foi analisada separadamente.

Análises de regressão múltipla foram aplicadas para verificar a relação entre fatores ambientais e os valores de recrutamento. As variáveis dependentes foram os grupos taxonômicos dos recrutas e as variáveis independentes foram temperatura, salinidade, transparência, e como co-variável, os meses de coleta. Como premissas

para aplicação destas análises, foram realizados testes estatísticos para verificar a normalidade (kolmogorov-Smirnov) e a correlação entre variáveis.

4.3 RESULTADOS

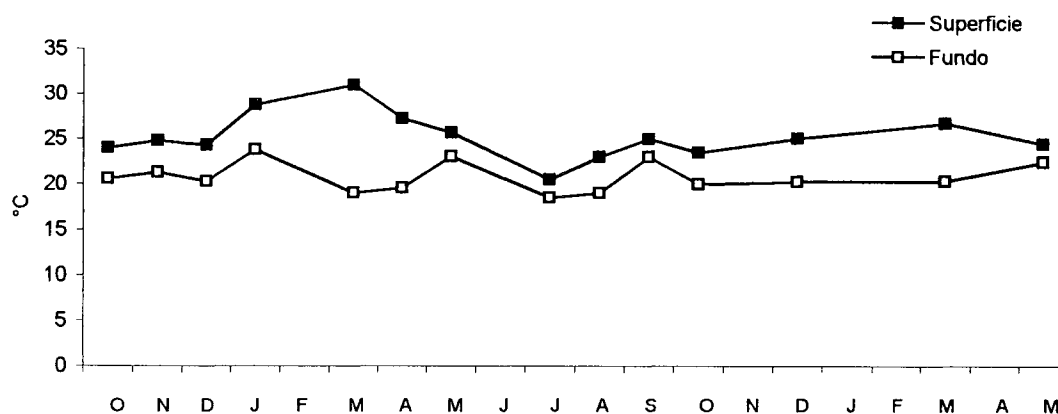
4.3.1 Parâmetros Ambientais

A temperatura na superfície variou de 20,5 a 31°C com máximos em março de 1999 e mínimos em julho de 1999. No fundo, a 18 metros, a temperatura máxima de 23,8°C foi medida em janeiro de 1999 e a mínima de 18,5°C em julho de 1999. Estratificação térmica acentuada ocorreu em março de 1999, com diferença de 12°C entre a superfície e o fundo. Em março de 2000, a estratificação térmica foi menos acentuada (Figura 3).

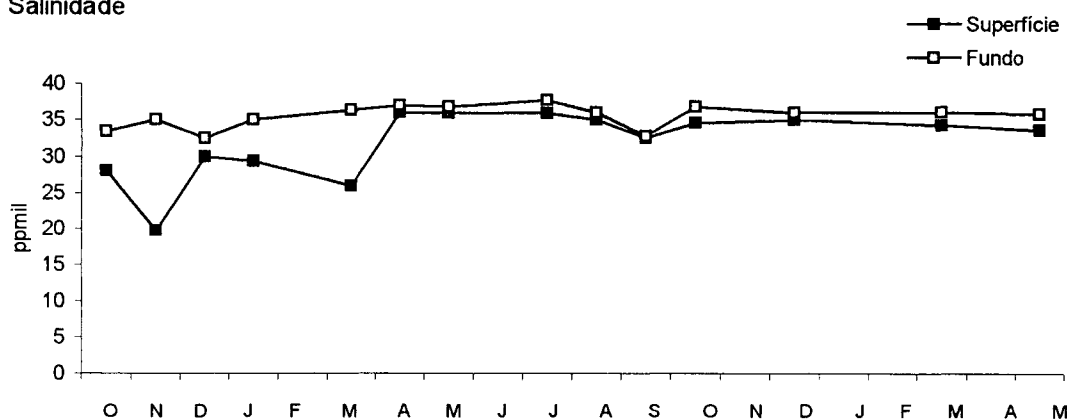
A salinidade mínima foi de 19,7 ppmil na superfície em novembro de 1998, e máxima de 37,7 ppm junto ao fundo em julho de 1999 (Fig.3).

A transparência variou de 1,5 a 9,5 metros, com máximos em maio de 1999 e maio de 2000. A visibilidade no fundo variou de 0,2 e 9 metros com máximos durante os períodos nos quais a turbidez na superfície era maior (Figura 3c).

a) Temperatura



b) Salinidade



c) Transparência

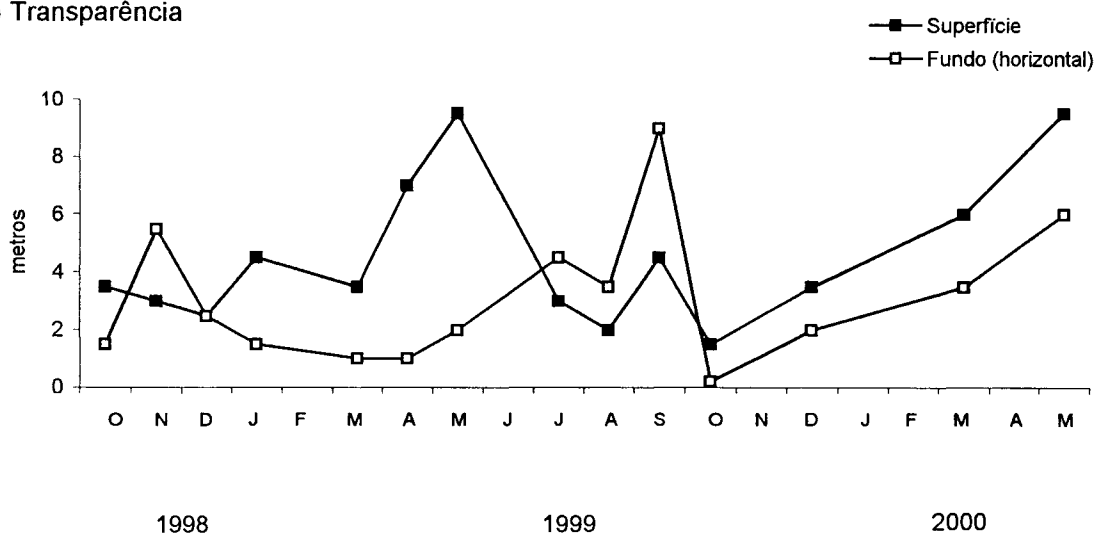


Figura 3. Variação temporal da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (ppmil) e transparência (m) entre outubro de 1998 a maio de 2000, na estação experimental na costa do Estado do Paraná.

4.3.2 Recrutamento

Os valores médios de abundância de recrutas dos grupos dominantes, em termos de porcentagem de cobertura ou densidade nas faces exposta e protegida são apresentados na figura 4. Na maioria dos grupos, o recrutamento foi contínuo ao longo do ano e com padrões sazonais bem definidos. Ascídias (incluindo didemnídeos), poríferos, antozoários, *Ostrea* sp. e cirripédios, recrutaram preferencialmente na primavera e verão, normalmente entre setembro e março, com baixo recrutamento nos meses mais frios, entre maio e agosto. Anthozoa e Serpulidae não recrutaram no inverno. Os demais grupos recrutaram continuamente mas com padrões sazonais irregulares, como no caso dos poliquetos (Serpulidae), briozoários incrustantes e arborescentes e hidrozoários.

As ascídias, principalmente da família Didemnidae, recrutaram mais na face protegida do que na face exposta. A cobertura máxima na face protegida foi de 12% em janeiro de 1999 e a mínima de 0,2% em dezembro de 1999. Picos de recrutamento foram observados na face exposta em dezembro de 1998, em janeiro e em setembro de 1999. Em alguns casos, devido à possibilidade de coleta e identificação de indivíduos adultos em áreas adjacentes, foi possível identificar *Didemnum granulatum*, *Didemnum rodriguesi*, *Diplosoma listerianum* e *Botrylus* sp, embora não apresentassem gônadas e estruturas conspícuas.

Na face exposta, o grupo Porifera, representado predominantemente por Desmospongiae, apresentou 3 picos de recrutamento: Em março e outubro de 1999 (3,0 e 2,8 % de cobertura, respectivamente) e em março de 2000 (3,0 % de cobertura) (Figura 4). No período restante ocorreram pequenos episódios, não

ultrapassando valores de cobertura de 1,5%. Na face protegida, os padrões e valores foram semelhantes aos da face exposta.

O recrutamento de briozoários incrustantes, de crescimento laminar, concentrou-se entre julho e outubro de 1999, com picos em setembro. Os maiores recrutamentos foram na face protegida, 3,4% de cobertura, e na face exposta, 2,7%.

O recrutamento de algas incrustantes mostrou-se bastante variável durante o período amostral. Na face exposta ocorreram dois picos secundários, um em março de 1999 (1% de cobertura), e o segundo em março de 2000 (0,8%). Um pico principal ocorreu em setembro de 1999 com cobertura de 1,5%. A face protegida apresentou recrutamento abaixo de 1% de cobertura, sem picos bem definidos.

Anthozoa recrutou somente entre dezembro e abril de 1999, principalmente em março, e entre dezembro e março de 2000. Tanto na face exposta quanto na protegida o recrutamento foi baixo, não ultrapassando 0,1 pólipos/cm².

Os Poliquetas recrutaram massivamente em março de 1999 e em menor escala em março e maio de 2000 (Figura 4). Os Serpulidae dominaram estes episódios de recrutamento mas recrutaram em baixas densidades (próximas de zero) em ambas as faces durante quase todo o experimento. Maiores densidades de poliquetas ocorreram em março de 1999, com 15 ind./cm², na face exposta, e 17 ind./cm², na face protegida. Nos picos, os Serpulidae representavam até 95% das densidades médias.

O recrutamento de Bivalvia, dominados pelos gêneros *Chama*, *Modiolus*, *Arca*, entre outros, foi baixa, com pequenos aumentos em março de 1999, nas duas faces, e outubro de 1999 na face protegida. A *Ostrea*, possivelmente *Ostrea puelchana*, recrutou durante todo o período amostral, com baixas densidades na maioria dos

meses, mas com picos expressivos na primavera e verão. Na face exposta, a densidade máxima desta espécie chegou a 2,3 e 2,5 indivíduos/cm² respectivamente em setembro e dezembro de 1999. Na face protegida, os máximos foram de 1,9 e 1,7 ind./cm² respectivamente em setembro e dezembro de 1999.

No grupo Cirripedia observou-se 3 períodos principais de recrutamento. Na face exposta, o primeiro ocorreu entre dezembro de 1998 e março de 1999, com pico de 2 indivíduos/cm² em janeiro; o segundo em setembro de 1999 (1.5 ind./cm²) e o terceiro em março de 2000 (1.2 ind./cm²). Densidades e padrões de recrutamento de Cirripedia na face protegida foram semelhantes aos da face exposta.

O padrão sazonal de recrutamento de briozoários arborescentes foi semelhante nas duas faces, com três picos intercalados em novembro de 1998, setembro de 1999 e maio de 2000. A maior diferença foi observada em maio de 2000 na face exposta, com densidade máxima de 0.7 ind./cm².

Em geral, a densidade de Hydrozoa foi maior na face exposta do que na face protegida. A densidade máxima na face exposta foi 30 estolões/cm² em janeiro de 1999, e na face protegida foi 18 estolões/cm², entre dezembro de 1998 e janeiro de 1999. Os principais representantes foram os hidróides *Obelia dichotoma*, *Sertularia* sp, *Halocordyle* sp e *Clytia gracilis*.

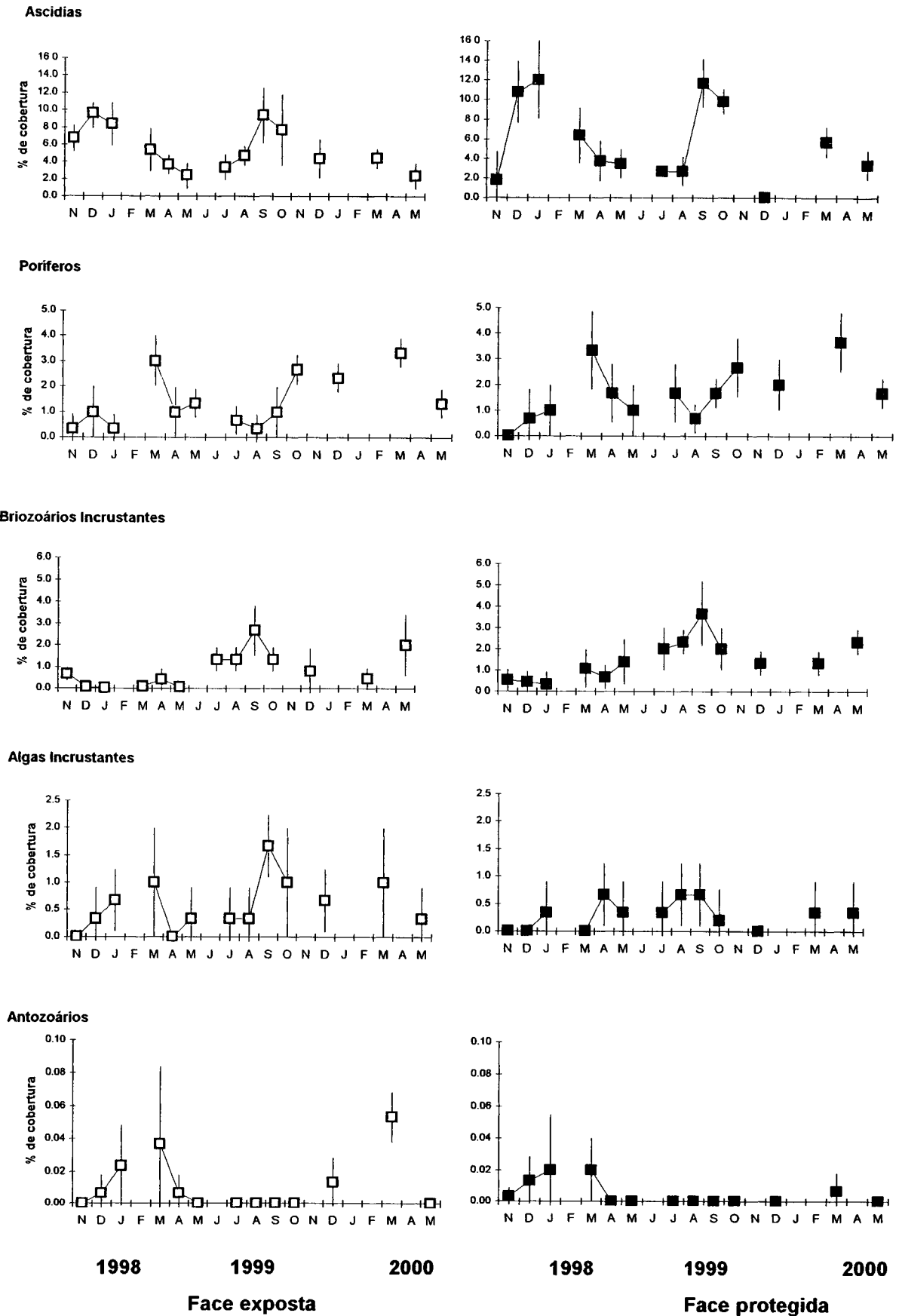
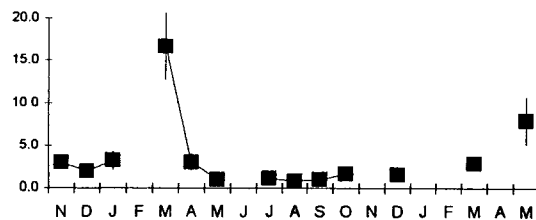
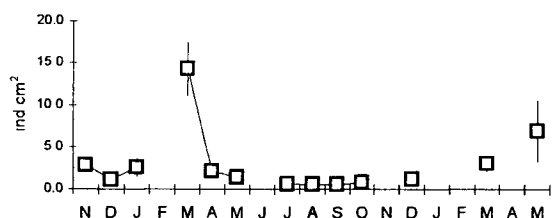
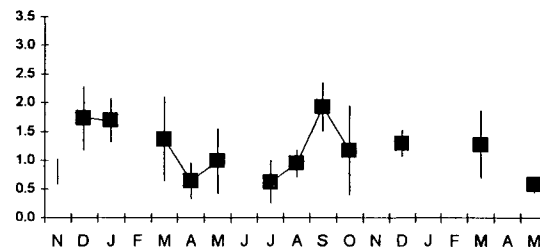
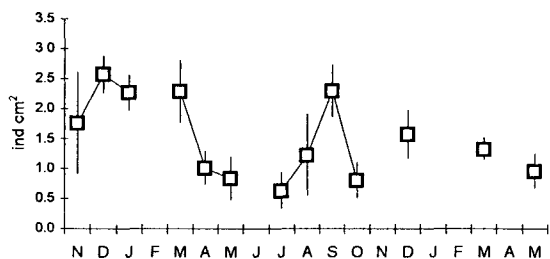


Figura 4. Valores de abundância média de recrutamento de grupos dominantes nas faces expostas e protegidas dos painéis experimentais entre novembro de 1998 a maio de 2000. A barra vertical representa o desvio padrão.

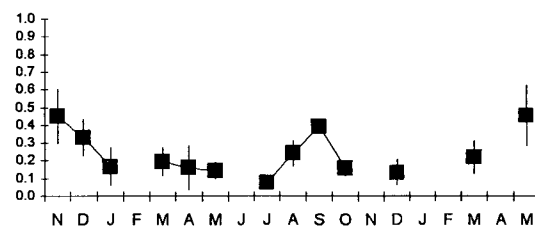
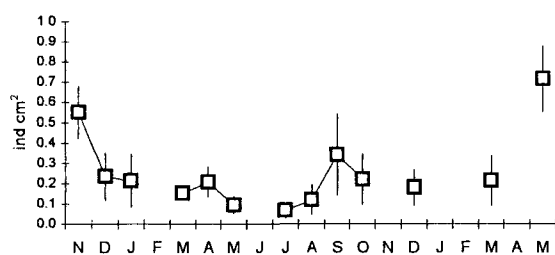
Poliquetas



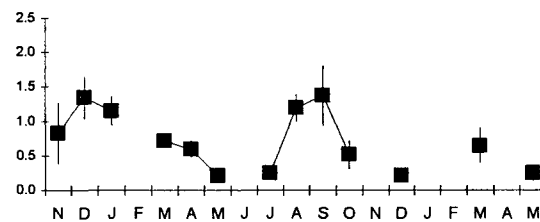
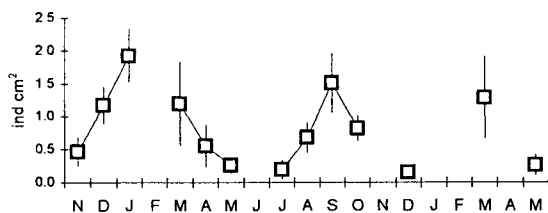
Bivalves



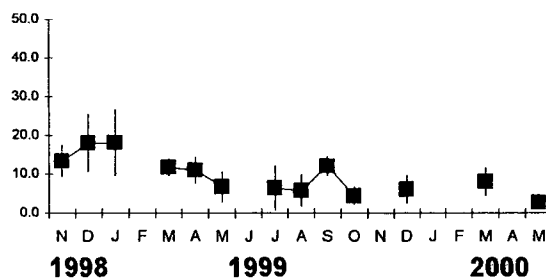
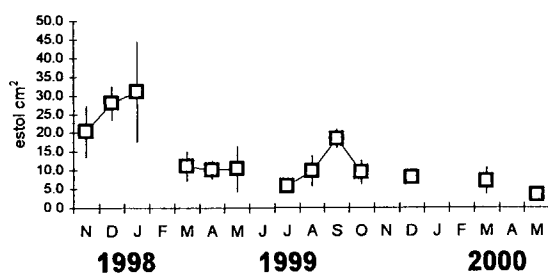
Briózoários Arborescentes



Cirripédios



Hidrozoários



1998

1999

2000

1998

1999

2000

Face exposta

Face protegida

Figura 4. Continuação.

A análise de agrupamento, e a ordenação n-MDS, mostram quatro grupos definidos em um nível de similaridade acima de 75% (Fig. 5a e 5b).

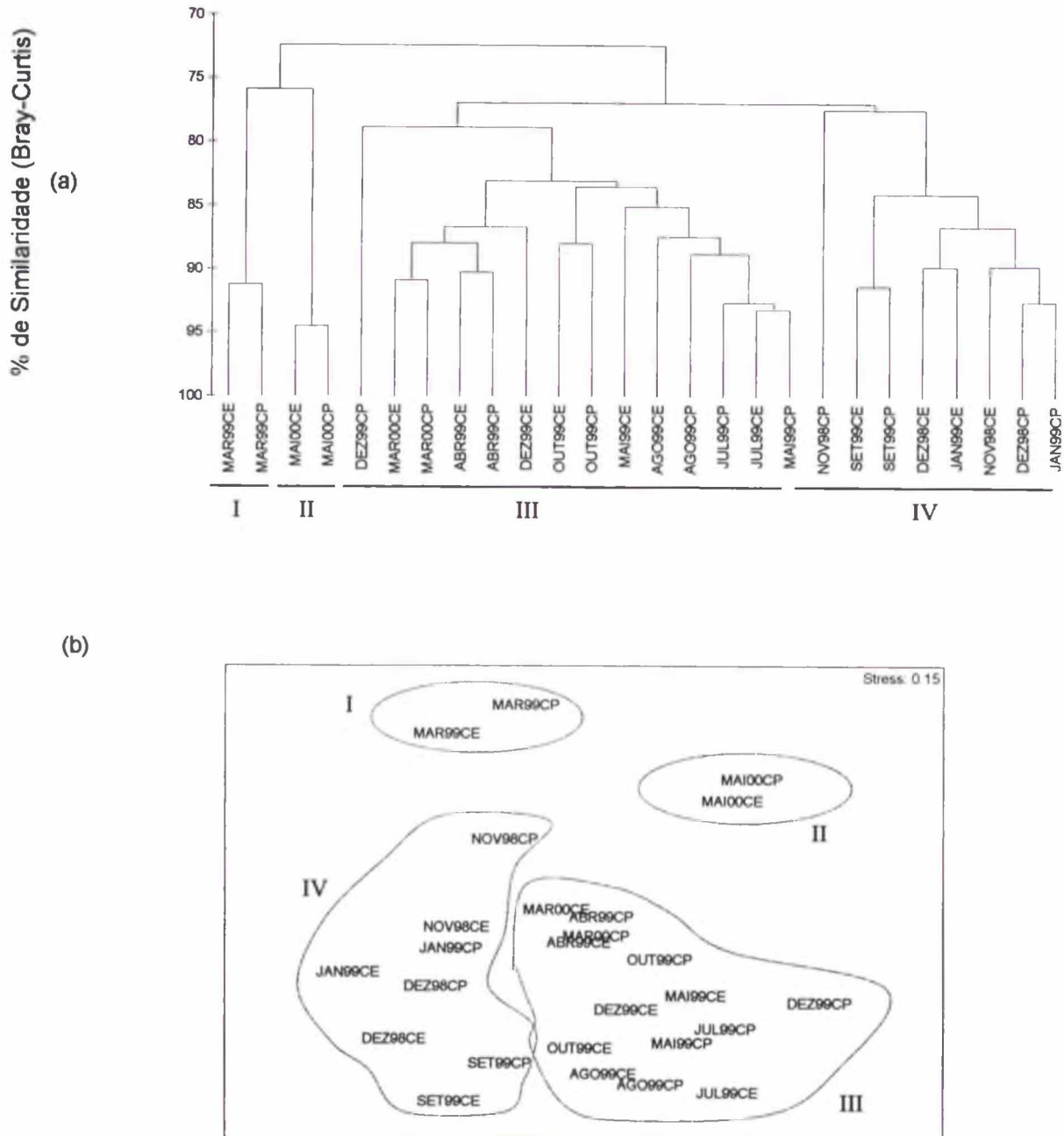


Figura 5. Resultados da análise de agrupamento para as amostras de recrutamento realizadas entre novembro de 1998 e maio de 2000. Código: CE = face exposta e CP= face protegida. (a) Dendrograma e (b) ordenamento usando non metric -Multi Dimensional Scaling (n-MDS).

O primeiro grupo é formado pelas amostras tomadas em março de 1999. O segundo, pelas amostras de maio de 2000 (faces exposta e protegida). O terceiro, pelas amostras entre abril de 1999 e março de 2000, com exceção das amostras de setembro de 1999. O quarto grupo, é formado pelas amostras de novembro e dezembro de 1998 e setembro e janeiro de 1999.

Os resultados das análises de variância das abundâncias de grupos individuais ao longo do experimento mostraram que as diferenças temporais foram significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos valores de recrutamento na maioria dos grupos (Tabela 1). Diferenças não significativas ocorreram apenas entre as médias dos grupos "algas incrustantes", nas faces exposta e protegida e de Anthozoa na face protegida.

Tabela 1. Resultados das análises de variância para comparar as médias mensais de recrutamento nas faces expostas (E) e protegidas (P) dos painéis experimentais, para os principais grupos taxonômicos, no nível de significância $\alpha=0,05$ (* = valores significativos).

Grupos	Soma de Quadrados	Quadrados médios	F	p
Algas Incrustantes				
E	8,1026	0,6752	1,5490	0,1695
P	2,3077	0,1923	0,8333	0,6175
Antozoários				
E	0,0104	0,0009	2,9971	0,0099*
P	0,0022	0,0002	1,1198	0,3880
Ascídias				
E	0,2047	0,0171	2,9280	0,0106*
P	0,0738	0,0062	2,7706	0,0144*
Bivalves				
E	0,3279	0,0273	9,5392	0,0000*
P	0,1911	0,0159	12,0135	0,0000*
Briozoários arborescentes				
E	1,2341	0,1028	7,6775	0,0000*
P	0,5698	0,0475	4,9393	0,0003*
Cirripédios				
E	11,5794	0,9650	7,9620	0,0000*
P	6,7890	0,5657	9,9254	0,0000*
Briozoários Incrustantes				
E	23,2902	1,9408	4,7703	0,0005*
P	32,8389	2,7366	4,0473	0,0014*
Didemnídeos				
E	225,0769	18,7564	3,9755	0,0016*
P	595,6410	49,6368	9,9785	0,0000*
Hidrozoários				
E	2650,2564	220,8547	7,8374	0,0000*
P	879,0769	73,2564	3,4463	0,0040*
Ostrea sp.				
E	14,5374	1,2114	6,1067	0,0001*
P	6,5324	,5444	2,4766	0,0257*
Poliquetas				
E	16,0978	1,3415	6,6443	0,0000*
P	15,3664	1,2805	3,9880	0,0015*
Poríferos				
E	39,5897	3,2991	6,1270	0,0001*
P	40,6667	3,3889	3,3889	0,0044*
Serpulídeos				
E	369,6790	30,8066	12,4706	0,0000
P	505,4827	42,1236	39,8606	0,0000

Graus de Liberdade (GL)=12

Os resultados da regressão múltipla entre as densidades de recrutamento dos grupos e parâmetros ambientais são mostrados na Tabela 2. A equação de regressão utilizada foi $Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4$, onde: A = constante, X_1 = tempo, X_2 = temperatura, X_3 = transparência, X_4 = Salinidade.

Tabela 2. Resultados da regressão múltipla dos fatores ambientais com as faces expostas (E) e protegidas (P) dos principais grupos. (N = 39; nível de significância = 5%; * = signif.)

Espécies	F _s	R ²	SE	A	Tempo	Temperatura	Transparência	Salinidade
Algas Incrustantes								
E	1,40	0,14	0,70	5,450	0,060	0,007	-0,020	-0,150
P	0,42	0,05	0,48	-1,780	0,012	0,015	0,030	0,040
Antozoários								
E	0,27	0,03	0,03	0,020	0,001	0,001	-0,002	-8,48E-4
P	1,43	0,15	0,01	-0,060	-5,45E-4	0,003	-0,001	2,05E-4
Ascidias								
E	4,01*	0,32	0,09	1,740*	-0,004	-0,009	-0,007	-0,04*
P	0,55	0,06	0,07	0,098	-0,003	0,005	0,001	-0,002
Bivalves								
E	1,78	0,17	0,11	0,337	-0,003	0,001	-0,018*	-0,006
P	1,41	0,14	0,08	0,642	0,004	-7,05E-4	-0,016*	-0,017
Briozoários Arbor.								
E	3,58*	0,30	0,19	-0,356	0,004	0,032	0,032*	-0,005
P	5,96*	0,41	0,11	0,893	1,38E-4	0,009	0,025*	-0,026
Briozoários Incrust.								
E	8,68*	0,51	0,70	1,026	0,093*	-0,061	0,226*	-0,007
P	6,84*	0,45	0,90	-0,938	0,129*	-0,057	0,215*	0,009
Cirripédios								
E	4,03*	0,32	0,54	8,455*	-0,001	0,051	-0,080	-0,236*
P	10,83*	0,56	0,33	10,398*	-0,023	-0,049	-0,004	-0,230*
Didemnídeos								
E	6,68*	0,44	2,39	60,49*	-0,071	-0,113	-0,254	-1,438*
P	5,43*	0,39	3,60	63,135*	0,081	0,474	-0,672*	-1,872*
Hidrozoários								
E	20,52*	0,71	5,39	116,12*	-1,111*	1,262*	-0,897*	-3,320*
P	9,30*	0,52	4,48	82,124*	-0,779*	0,223	-0,370	-1,695*
Ostrea sp.								
E	12,78*	0,60	0,48	15,416*	-0,032	-0,020	-0,039	-0,369*
P	5,44*	0,39	0,47	10,253*	0,019	0,020	-0,067	-0,273*
Poliquetas								
E	0,36	0,04	0,78	-3,351	-0,013	0,068	-0,027	0,079
P	0,22	0,02	0,82	-0,380	-0,022	0,019	-0,025	0,039
Poríferos								
E	4,97*	0,37	0,99	8,954	0,179*	-0,105	-0,234*	-0,163
P	3,39*	0,29	1,18	2,888	0,171*	-0,129	-0,148	-0,041
Serpulídeos								
E	0,38	0,04	3,49	-2,950	-0,097	-0,161	-0,057	0,261
P	0,48	0,05	3,85	3,542	-0,101	-0,257	-0,118	0,191

Os resultados das regressões mostram valores significativos para os grupos analisados, com exceção de algas incrustantes, antozoários, bivalves, poliquetas e serpulídeos. A regressão com maior poder explicativo foi relacionado com os hidrozoários, com valores de R² de 0,71 e 0,52 para as faces exposta e protegida respectivamente. As variáveis com maior incidência de correlação com os valores de recrutamento dos grupos foram a transparência e a salinidade.

4.4 DISCUSSÃO

Foram evidenciados dois tipos de padrão sazonal de recrutamento: um bem definido, com valores máximos de recrutamento na primavera e/ou verão, decrescendo no inverno. Este foi o padrão apresentado por ascídias, poríferos, bivalves, antozoários, poliquetos e cirripédios. O outro "padrão", irregular, apresentou recrutamento contínuo e variável sem relação com os períodos sazonais. Este foi o comportamento do recrutamento obtido no caso dos briozoários arborescentes e incrustantes, hidrozoários e algas incrustantes.

Em termos de porcentagem de cobertura, as ascídias, principalmente didemnídeos, foram as mais bem sucedidas na ocupação do espaço, seguidas pelos poríferos e, por último, os antozoários. Em termos de densidade, os poliquetos, dominados pelos serpulídeos, foram os que mais recrutaram nos painéis, seguidos por bivalves, principalmente *Ostrea* sp. e cirripédios.

Os organismos de crescimento laminar, como os didemnídeos e porífera, apresentam crescimento rápido e ocupam maiores superfícies do que outros organismos arborescentes. Isto reflete não só o recrutamento *per se*, mas também o crescimento lateral dinâmico destas formas coloniais, *i.e.*, a colonização do substrato, observada durante os experimentos.

Ostrea sp., embora tenha apresentado densidades numéricas baixas, em comparação com o recrutamento de outros taxa (p.ex., serpulídeos), tem crescimento rápido e, em pouco tempo, seus recrutas apresentam maiores dimensões do que a maioria dos outros grupos.

Organismos estruturadores (sensu Bruno & Bertness, 2001) como as ostras e cirripédios, controlam rapidamente os espaços desocupados, modificam os substratos, gerando um ambiente de superfície mais complexo, possibilitando maior diversidade biológica.

O sucesso do crescimento observado durante todo o experimento, para a *Ostrea* sp., que apresentou dimensões bem desenvolvidas em relação a outros taxa, pode estar associado à sua preferência por substratos alcalinos e com disponibilidade de íons cálcio, além do suprimento alimentar não limitante. Bonar *et al.* (1990 - *apud* Patterson, 1997), sugerem que bactérias e microalgas dos biofilmes aumentam a alcalinidade da superfície, estimulando o assentamento larval. Portela *et al.* (2001), demonstraram que a alcalinidade do concreto usado na confecção dos painéis deste experimento, era elevada e, mesmo depois de reduzida artificialmente, continuava disponibilizando íons cálcio para o ambiente.

Grotta & Lunetta, (1982) demonstram que moluscos bivalves possuem ciclos sexuais contínuos ao longo do ano nas regiões com baixas latitudes (6°S), onde as temperaturas são constantes. Em altas latitudes, algumas espécies de bivalves apresentam um único período de reprodução correspondendo ao verão (Feder *et al.*, 1997; Borzone, 1992), enquanto que, em latitudes mais próximas à da região de estudo, ocorrem eventos contínuos de reprodução ao longo do ano, mas com pulsos de reprodução envolvendo picos de eliminação de gametas no outono e na primavera (Absher, 1989; Boehs-Silva & Absher 1996; Boehs, 2000), e recrutamento associado à primavera-verão e períodos de atividade reprodutiva mínima no inverno (Martinez-Cordova, 1988; Garcia-Dominguez *et al.*, 1993; Pezzuto, 2001).

Outros grupos, como por exemplo, os hidróides pesquisados por Migotto (1993) na região de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo, apresentam gonóforos ao longo de todo o ano, indicando a possibilidade de recrutamento contínuo. Das 34 espécies descritas pelo autor, contendo estruturas reprodutivas presentes ao longo do ano, 12 foram observadas nos painéis de recrutamento deste estudo. Devido às características hidrográficas da área estudada por Migotto (*op cit.*) serem semelhantes às do Paraná, pode-se inferir que os padrões de reprodução dos hidróides sejam semelhantes em ambas as áreas estudadas.

Os padrões de variação sazonal, tanto os irregulares quanto os bem definidos foram muito semelhantes em ambas as faces dos painéis. A similaridade de recrutamento entre a face exposta e a face protegida foi alta (>80%) em todos os períodos amostrados. Porém, as densidades de recrutas de quase todos os grupos taxonômicos, foram maiores na face exposta do que na face protegida. Vandermeulen & DeWreede (1982) observaram resultado semelhante em consequência do maior aporte de alimento nas faces expostas, embora deve-se considerar também a influência da luz sobre certas comunidades.

No caso dos grupos com padrão sazonal de recrutamento bem definido, são evidentes os períodos reprodutivos mais acentuados nos meses de primavera e /ou verão. Portanto, o efeito de fatores ambientais com padrão sazonal definido sobre o recrutamento deve ser considerado principalmente em relação aos grupos com padrão sazonal definido (p. ex. bivalves e didemnídeos).

As análises de agrupamento e de ordenação (n-MDS), mostram os padrões sazonais já evidenciados nos gráficos de variação de recrutamento, através dos

quatro grupos bem definidos com similaridade acima de 75%: o primeiro grupo formado apenas pelas amostras do mês de março de 1999, possivelmente dissimilar pelos eventos marcantes de recrutamento dos serpulídeos e outros poliquetos, antozoários e pequenos bivalves; o segundo grupo, formado pelas amostras de maio de 2000 das duas faces, diferenciado dos outros grupos possivelmente pelo recrutamento de briozoários e poliquetos; o terceiro grupo, formado principalmente pelas amostras dos meses com recrutamento baixo (outono e inverno); e o quarto grupo, formado por uma concentração das amostras dos períodos de picos mais significativos de recrutamento (primavera e verão).

Nas diversas regressões, verificou-se que a salinidade (variável independente) apresentou relações negativas significativas com 5 taxa em ambas as faces (ascídias, cirripédios, didemnídeos, hidrozoários e *Ostrea* sp.). A transparência apresentou relações positivas com os briozoários em geral, e negativas com os bivalves, hidrozoários e poríferos nas faces exposta e dideminídeos na protegida. A temperatura mostrou relação positiva somente com hidrozoários na face exposta.

Os resultados das regressões não apresentaram poder explicativo (R^2) elevado dos efeitos dos parâmetros ambientais abordados sobre as variações das abundâncias de recrutas dos 13 taxa considerados, com exceção do grupo Hydrozoa da face exposta, que apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 71%. O baixo poder explicativo das regressões pode estar relacionado às características dos dados para aplicação deste tipo de análise. Primeiro está o pequeno número de réplicas, limitadas devido à logística para trabalhos no ambiente do infralitoral a 18 metros de profundidade. Segundo, devido à pontualidade da amostragem oceanográfica, que não incluem possíveis alterações

ambientais significativas ocorridas entre os períodos amostrais. E por último, a existência de correlações entre as variáveis ambientais.

Nos experimentos de Absalão (1993), o poder explicativo dos descritores ambientais também foi baixo. O autor atribui este fato, ao número insuficiente de dados ambientais, coletados de forma pontual. Outra explicação pode ser atribuída à relação causa-efeito indireta. As alterações ambientais descritas no Capítulo 1 controlam a produção primária fitoplanctônica, com influências óbvias sobre o zooplâncton, incluindo a fase larval das comunidades bênticas (meroplâncton) e, conseqüentemente, seus recrutas.

Os dados hidrográficos mostram que os períodos de penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na primavera e verão, foram os que apresentaram os maiores picos de recrutamento, sugerindo que estes eventos possam estar associados às variações de temperatura, salinidade, transparência da água, oxigênio e nutrientes, que atuam no comportamento fisiológico dos animais. As alterações ambientais, como mostrado no Capítulo I, causam modificações significativas da produção primária, com influências diretas no plâncton e em certos segmentos das comunidades bênticas, incluindo seus recrutas.

A concentração de fitoplâncton nos Máximos Sub-superficiais de Clorofila (MSC), comuns na plataforma continental (ver Capítulo I), e seu papel no desenvolvimento das comunidades epilíticas foram muito pouco estudados. Alguns autores sugerem que a maior disponibilidade de alimento, concentrado nos MSC, influencia positivamente as taxas de crescimento dos organismos bentônicos suspensívoros (Witman *et al.*, 1993).

O mesmo foi observado em comunidades bênticas de águas rasas próximas da costa (Branch & Griffiths, 1988; Dayton *et al.* 1999).

A composição e a abundância do meroplâncton obtidas em um estudo paralelo em um ponto fixo próximo à área experimental entre agosto de 1997 e agosto de 1998, corroboram essas suposições (dados não publicados, Projeto Recifes Artificiais Marinhos - RAM - PADCT/CIAMB). Nesse trabalho verificou-se que a abundância de larvas de moluscos bivalves, cirripédios, poliquetos, cnidários e briozoários tende a ser maior na primavera e verão, e menor no inverno, coincidindo com os períodos de ocorrência de picos dos organismos com padrão regular de recrutamento. Porém, os grupos que apresentaram padrão de recrutamento irregular não apresentaram grandes variações no plâncton durante os períodos de alteração hidrográfica, o que pode estar associado a vários fatores como, abundância de larvas no plâncton, mortalidade após o assentamento, exclusão por espécies pioneiras. Desta forma, mesmo que existam padrões sazonais de assentamento nestas espécies, o sucesso do recrutamento é influenciado pelas interações interespecíficas. Esta suposição também pode ser válida para outras espécies desta comunidade.

Os padrões de dominância dos substratos consolidados na região do estudo podem estar associados ao padrão regular de recrutamento apresentado por algumas espécies. Os dados do capítulo III e observações dos substratos naturais junto ao experimento, mostram que, principalmente os didemnídeos, poríferos e *Ostrea sp.*, dominam as superfícies consolidadas, mostrando-se competitivamente superiores às outras espécies. Porém o substrato é um fator limitante para estes organismos, que necessitam de substratos primários e secundários estáveis para

seu desenvolvimento. Já os grupos com padrões não definidos colonizam os substratos primários com menor frequência e maiores variações na cobertura média. Muitos destes organismos foram epibiontes dos grupos dominantes.

Desta forma, o recrutamento dos organismos de padrão regular e irregular, controlados por vários fatores físicos e biológicos, atuam de forma conjunta na estruturação de comunidades adultas. As características estruturais das comunidades em substratos artificiais instalados nesta região, podem ser dadas pela época em que estes são instalados, uma vez que onde a competição por espaço é importante, a seqüência temporal de ocupação por espécies poderá ter efeitos acentuados e influenciar no resultado das interações subseqüentes.

Muito embora trabalhos de recrutamento no infralitoral da plataforma rasa sejam logisticamente difíceis, sugere-se que estes sejam incentivados. Estudos sinecológicos nesta área são raros e podem contribuir para a compreensão do funcionamento das comunidades biológicas e subsidiar o gerenciamento dos recursos marinhos.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSALÃO, R. S. 1993. **Colonização primária e seqüência de substituições, em substrato artificial, na comunidade epibêntica da Baía de Guanabara, RJ., brasil.** São Paulo. 220 f. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- ABSHER, T.M. 1989. **Populações naturais de ostras do gênero *Crassostrea* do litoral do Paraná – desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento.** São Paulo. 185 f. Tese de Doutorado - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- BOEHS, G. 2000. **Ecologia populacional, reprodução e contribuição em biomassa de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil.** Curitiba. 201 f. Tese de Doutorado. Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.
- BOEHS-SILVA, G.; ABSHER, T.M. 1996. Variação temporal de larvas de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897 (ostreoida:Ostreidae) na Baía de Paranaguá, Paraná (Lat.25 16' 34" S;Long 48 17' 42"W). **Arq. Biol. Tecnol.** 39 (4): 903-910.
- BORZONE, C.A. 1992. El ciclo gonodal de *Venus antiqua* King & Broderip, 1835 (Veneridae: Bivalvia), en el Golfo San José. **Physis** Buenos Aires, Seccion A, 47(113): 61-72.
- BRANCH, G.M.; C.L. GRIFFINS. 1988. The Benguela ecosystem V. The Coastal Zone. **Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.** 22: 429-523.
- BRANDINI, F.P.; R.M. LOPES; K.S. GUTSEIT; H.L. SPACH; R. SASSI. 1997. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil: Diagnose e revisão bibliográfica.** Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE. 196 pp.
- BRUNO, J.F.; M.D. BERTNESS. 2001. Habitat modification and facilitation in benthic marine communities. In: Mark D. Bertness, Steven D. Gaines and Mark E. Hay (Eds.). **Marine Community Ecology.** Massachusetts: Sunderland. p 204-207.
- CAFFEY, H.M. 1985. Spatial and temporal variation in settlement and recruitment of intertidal barnacle. **Ecol. Monogr.** 55: 313-332.
- CLARK, K.R.; R.M. WARWICK. 1994. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.** Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144pp.
- CONNELL, J.H. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post-settlement mortality in rocky intertidal communities. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 93: 11-45.

- COUTINHO, R.; PUPO, D.; SAUER-MACHADO, K.R.S.; GUIMARÃES, M.; APOLINÁRIO M.; GONÇALVES, J.E.A.; FERREIRA, C.E.L.; VILLAÇA, R. 1992. Estudos integrados de ecologia marinha: influência de fatores físicos, recrutamento, competição e predação regulando as comunidades bentônicas da região de Arraial do Cabo, R.J. In: **Simpósio sobre Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas**. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 17.
- DAVID, P.; P. BERTHOU; P. NOEL; P. JARNE. 1997. Patchy recruitment patterns in marine invertebrates: a spatial test of the density-dependent hypothesis in the bivalve *Spisula ovalis*. **Oecologia (Berl.)** 111: 331-340.
- DAYTON, P.K.; M.J. TENGER; P.B. EDWARDS; K.L. RISER. 1999. Temporal and spatial scales of kelp demography: The role of oceanographic climate. **Ecol. Monogr.** 69: 2219-250.
- FEDER, H.M.; HENDEE, J. C.; HOLMES, P.; MUELLER, G.J.; PAUL, A. J. 1997. Examination of a reproductive cycle of *Protothaca staminea* using histology, wet weight-dry weight ratios, and condition indices. **The Veliger** 22(2): 182-187.
- GAINES, S.; ROUGHGARDEN, J. 1985. Larval settlement rates: a leading determinant of structure in an ecological community of marine subtidal zone. **Proc. Natn. Acad. Sci., USA**, 82: 3707-3711.
- GARCIA-DOMINGUEZ, F.; GARCIA-MELGAR, G.; GONZALEZ-RAMIREZ, P. 1993. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835), en Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. **Ciencias Marinas** 19 (1): 15-28.
- GROTTA, M.; LUNETTA, J.E. 1982. Reproductive physiological variation of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1971) (Mollusca-Bivalvia), in different latitudes. **Rev. Nordest. Biol.** 5 (1): 21-28.
- HARRIOTT, V.J.; FISK, D.A. 1987. A comparison of settlement plate types for experiments on the recruitment of scleractinean corals. **Mar. Ecol.** 37: 201-208.
- HOLM, E.R. 1990. Effects of density dependent mortality on the relationship between recruitment and larval settlement. **Mar. Ecol. Progr. Ser.** 60: 141-146.
- JACOBI, C.M. 1993. Sucessão em comunidades experimentais aquáticas. **Anais do III simpósio de ecossistemas da costa brasileira**. ACIESP. 3: 246-255.
- LAW, R.; R.D., MORTON. 1993. Alternative permanent states of ecological communities. **Ecology** 74:1347-1361.
- MAIDA, M.; J.C. COLL; P.W. SAMMARCO. 1994. Shedding new light on scleractinian coral recruitment. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 180: 189-202.
- MAIDA, M.; SAMMARCO, P.W.; J.C. COLL. 1995. Effects of soft corals on

- scleractinian coral recruitment. I: Directional allelopathy and inhibition of settlement. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 121: 191-202.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R. 1988. Bioecologia de la almeja negra *Chione fluctifraga* (Sowerby, 1853). **Ver. Biol. Trop.** 36(2A): 213-219.
- MENGE, B.A. 1976. Organization of New England rocky intertidal community: role of predation, competition and environmental heterogeneity. **Ecol. Monogr.** 46:355-393.
- MENGE, B.A. 1992. Community regulation: under what conditions are bottom-up factors important on rock shore? **Ecology** 73: 755-765.
- MIGOTTO, A. E. 1993. **Hidróides (Hydrozoa, Cnidaria) marinhos bentônicos da região costeira do Canal de São Sebastião, S.P.** São Sebastião. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- NANDAKUMAR, K. 1996. Importance of timing of panel exposure on the competitive outcome and succession of sessile organisms. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 131: 191-203.
- OSMAN, R.N.; R.B. WHITLACK. 1998. Local control of recruitments in an epifaunal community and the consequences for colonization processes. **Hydrobiologia** 375/376: 113-123.
- PATTERSON, A. 1997. Problems of concrete structures in the sea. **Combined Australasian Coastal Engineering and Ports Conference**, Christ Church.
- PEZZUTO, P.R. 2001. **Avaliação do estoque e dinâmica populacional da vieira *Euvola zic-zac* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia:Pectinidae) no Sul do Brasil.** 247 f. Tese de Doutorado - Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.
- PICKETT, S.T.A.; P.S. WHITE. 1985. **The ecology of natural disturbance and patch dynamics.** New York: Academic Press. 472 pp.
- PORTELLA, K.F.; NOGUEIRA, J.R.G.; KORMANN, A.C.M.; BARON, O.; CANTÃO, M.P.; HENKE S.L.; JOUKOSKI, A.; KENNY, E.D.; SILVA, A.S.; CERON, C. 2001. Estudo de dosagem e desempenho de concreto para a construção de recifes artificiais marinhos. Um ano de envelhecimento natural a 17 m. de profundidade na Costa do Estado do Paraná. In: **43º Congresso Brasileiro de Concreto.** Foz do Iguaçu. 16-20 Agosto.
- ROUGHGARDEN, J.; S.D. GAINES; H. POSSINGHAN. 1988. Recruitment dynamics in complex life cycles. **Science** 241:1460-1466.
- RUSS, G.R. 1982. Overgrowth in a marine epifaunal community: competitive hierarchies and competitive networks. **Oecologia** 53: 12-19.

- SCHUHMACHER, H.; L. SCHILLAK. 1994. Integrated eletrochemical and biogenic deposition of hard material - a nature-like colonization substrate. **Bull. Mar. Sci.** 55(2-3): 672-679.
- SEBENS, K.P. 1986. Spatial relationship among encrusting marine organisms in the New England subtidal zone. **Ecol. Monogr.** 56: 73-96.
- SEBENS, K.P.; J.D. WITMAN; R. ALLMON; E.J. MANEY. 1988. Early community development experiments in rocky subtidal habitats (Gulf of Maine, 30 - 80 m). In: BABB, I.; DE LUCA (Eds.). **Benthic Productivity and Marine Resources of the Gulf of Maine**. Research Report, National Undersea Research Program. p. 45-66.
- SMITH, F. 1999. **Subtidal landscapes of a New Zeland fjord: Patterns of species diversity, community structure and recruitment processes**. New Zealand. PhD Thesis - University of Otago.
- SUTHERLAND, J.P. 1974. Multiple stable points in natural communities. **Amer. Nat.** 108: 859-873.
- SUTHERLAND, P.J.; KARLSON, R.H. 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. **Ecol. Monogr.** 47: 425-446.
- UNDERWOOD, J.A.; M.J. KEOUGH. 2001. Supply-side ecology: the nature and consequences of variations in recruitment of intertidal organisms. In: BERTNESS, M.D.; S.D. GAINES; M.E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology**, Massachusetts: Sunderland. p. 183-200.
- VANDERMEULEN, H.; R.E. DE WREEDE. 1982. The influence of orientation of an artificial substrate (transite) on settlement of marine organisms. **Ophelia** 21(1): 41-48.
- WITMAN, J.D.; J.J. LEICHTER; S.J. GENOVESE; D.A. BROOKS. 1993. Pulsed phytoplankton supply to the rocky subtidal zone: influence of internal waves. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, 90:1686-1690.
- WITMAN, J.D.; P.K. DAYTON. 2001. Rocky Subtidal Communities. In: BERTNESS, M.D.; S.D. GAINES; M.E. HAY (Eds.). **Marine Community Ecology**. Massachusetts: Sunderland. p. 339-361.
- ZALMON, I.R. 1995. **Variabilidade temporal no agrupamento de organismos sésseis em substrato experimental na enseada da Urca (Rio de Janeiro, Br.): O papel relativo de forças estocásticas e determinísticas**. São Paulo, 154 f. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

ZALMON, I.R.; GAMA, B.A.P.; LETA, A. 1993. Fouling community organization at Guanabara Bay, Brazil: A directional process or a variable temporal progression? **Oecologia** 19: 217-222.