

VALESKA DE LAQUILA

Estrutura de comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, SP e presença dos hidrocarbonetos de petróleo

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

SÃO PAULO
2006

VALESKA DE LAQUILA

Estrutura de comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, SP e presença dos hidrocarbonetos de petróleo

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. DICLÁ PUPO SANTOS
CO-ORIENTAÇÃO: DRA. LUCIANA RETZ DE CARVALHO

Dedico a
Otilia De Laquila e José De Laquila Filho, meus pais,
aos meus irmãos Tatiana, Gabriela,
Rachel, Leonardo, as minhas sobrinhas,
Mariana, Constanza e Lavinia e ao Leandro pelo precioso incentivo.

AGRADECIMENTOS

À Dra. DICLÁ PUPO SANTOS pela orientação cuidadosa, apoio, amizade e pela confiança em todos esses anos de trabalho.

À Dra. LUCIANA RETZ DE CARVALHO, pela valiosa orientação, paciência e por toda ajuda .

À DOW AGROSCIENCES em especial ao CELSO MACEDO, SERGIO ALMEIDA, BEATRIZ GROMICK, LEANDRO OLIVEIRA DE ANDRADE, ALIM BICALHO e HELENA IWATA pela oportunidade sem a qual nada disso teria sido possível.

À Dra. SILVIA M. P. B. de GUIMARÃES e Dr. LUCIANO M. ESTEVES, por terem me proporcionado a oportunidade de desvendar os mistérios da botânica.

À Dra. MUTUE TOYOTA FUJII, pelo auxílio que sempre me dispôs. À Dra. NAIR S. YOKOYA e JOSÉ DOMINGOS pela ajuda nos experimentos em laboratório.

Aos pesquisadores da Seção de Fisiologia e Bioquímica do IBt Dra. LUCE M. B. TORRES pelos conselhos preciosos e carinho, Dr. MARCO AURÉLIO TINÉ e AMANDA pelo auxílio no CGEM.

Às amigas Ms. DENISE BACCI e Ms. DIÓGINA BARATA, pelo apoio e descontração.

À CAROLINA agradeço, pelo apoio na coleta.

À Dra. CÉLIA SANT' ANNA pelo carinho e incentivo.

Ao Dr. JOSÉ MARCOS DE CASTRO NUNES pelos sábios conselhos.

Ao FERNANDO e CAMILA pelo auxílio e entusiasmo no laboratório de química.

Aos estudantes RICARDO, SILVIA, LILIAN, DANIELA E REGINA. A todos da Seção de Fisiologia do IBt NEIDE, NEUZETE, ELIZETE e MANUEL e da Seção de Ecologia do IBt , DORINHA que sempre me deram uma mão.

À IRENE FRANCISCA LUCATTO, do Instituto de Economia Agrícola, pela ajuda na confecção dos originais.

SILVIA e ANDRÉIA agradeço pela companhia nas aulas de estatística, não foram fáceis...

MAURA GONZAGA LAPA e Dra. ANDRÉIA TUCCI, pelo auxílio nas análises estatísticas.

À PÓS-GRADUAÇÃO do IBt pelo apoio.

À LÍVIA e ao RUBO por terem me ajudado a desvendar os caminhos de Ilhabela.

A minha mãe OTILIA pelo apoio e incentivo sempre. Aos meus irmãos TATIANA, GABRIELA, RACHEL e LEONARDO, pela paciência. À MARIANA pelo carinho e amor.

Aos meus avós OSWALDO e ATHAIR peço desculpas pela ausência.

LAURA, obrigada pela eterna amizade.

Ao LEANDRO pelo apoio, companheirismo, paciência e amor todo este tempo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2. ÁREA DE ESTUDO.....	9
2.1. Caracterização da Área de Estudo.....	9
2.2. Estações de Coleta.....	13
3. ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	17
3.1. Artigo 1. Estrutura de comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, SP, Brasil.....	18
Resumo/Abstract.....	19
Introdução.....	21
Material e métodos.....	24
Resultados.....	33
Discussão e conclusões.....	59
Literatura citada.....	63
3.2. Artigo 2. Detecção de hidrocarbonetos de petróleo em espécies de macroalgas e na água do mar do Canal de São Sebastião, SP, Brasil.....	73
Resumo/Abstract.....	74
Introdução.....	76
Material e métodos.....	79
Resultados.....	85
Discussão e conclusões.....	90
Literatura citada.....	132
4. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	137
5. LITERATURA CITADA.....	140
6. RESUMO/ABSTRACT.....	150

1. INTRODUÇÃO GERAL

As algas bentônicas desempenham importante papel ecológico, por serem produtores primários e por determinarem a estrutura física de inúmeros microhabitats que suportam a diversidade biológica da região costeira. As comunidades de algas respondem às mudanças no ambiente por meio de variações na sua estrutura e distribuição (Oliveira Filho & Berchez 1978). Areces (2001) verificou que comunidades de macroalgas afetadas por poluição apresentam alteração na sua composição específica, nas relações de dominância e abundância das espécies, nos padrões de zonação, estratificação, assim como na sucessão sazonal. A biomassa e a distribuição de frequência de classes e categorias que compõem as populações também são alteradas.

Os efeitos dos fatores físicos, tais como dessecação, salinidade, nutrientes, temperatura e luz, foram explorados em inúmeros trabalhos desde a década de 60 (Schonbeck & Norton 1978, Druehl & Green 1982, Russell 1980, Brown 1987, Lüning 1990), lançando teorias, modelos e testando hipóteses sobre a tolerância e distribuição das algas nos costões (Pupo 1996).

Os fatores bióticos, tais como competição e herbivoria, também foram amplamente testados em experimentos de campo (Paine 1977, Connel 1972, Schonbeck & Norton 1980, Chapman 1986, Cubit 1984), mostrando a complexidade destes fatores no ambiente. A partir da década de 80, dados sobre a disponibilidade de esporos na água e sua fixação nos costões também foram incorporados a estes estudos (Amsler & Searles 1980, Santelices 1990, Amsler *et al.* 1992, Vadas *et al.* 1992, Pupo 1996).

Visando monitoramentos eficazes e detecção de mudanças ambientais nos ecossistemas costeiros, alguns autores também lançaram hipóteses sobre o papel ecológico da forma do talo das algas e como esta tem relação com as condições ambientais (Littler & Littler 1980, Littler *et al.* 1983).

Por outro lado, considerando a extensão e a variedade de comunidades de algas em costões rochosos, relativamente, poucos estudos têm sido feitos no litoral brasileiro. Os primeiros trabalhos sobre as algas marinhas bentônicas no litoral no estado de São Paulo foram realizados a partir da década de 50, enfocando taxonomia e levantamentos florísticos (Joly 1957, 1965, Ugadim 1973a, b, c, 1974, 1975, 1976).

As primeiras descrições de comunidades de flora e fauna de costões rochosos foram realizadas por Rawitscher (1944) para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. No estado de São Paulo, as populações das regiões entremarés em Ubatuba foram estudadas por Nonato e Pérès (1961). Oliveira (1947, 1951) e Costa (1962) também estudaram populações de substratos duros do litoral do Rio de Janeiro e da Ilha de Trindade.

Mais tarde, Oliveira Filho e Mayal (1976) estudaram a distribuição sazonal de organismos bentônicos e Oliveira Filho e Paula (1983) abordaram aspectos importantes sobre distribuição vertical e variação sazonal em comunidades de costões rochosos, ambos em Ubatuba, no litoral Norte do Estado. Estes dois últimos compararam comunidades próximas, porém com diferentes graus de exposição às ondas. A sucessão de algas em comunidades entremarés foi o enfoque de estudos realizados por Paula e Eston (1989) na mesma região.

Em 1978, Oliveira Filho e Berchez realizaram estudo mostrando redução da diversidade da flora marinha bentônica na Baía de Santos, em relação aos estudos de Joly (1957), devido à poluição. Mais tarde, também em Santos, Rosso (1990) realizou estudos descritivos baseados em mosaicos e zonações dos costões, discutindo diversidade e dominância dos organismos.

Diversos estudos ecológicos no litoral de São Paulo foram realizados a partir da década de 80, tanto de comunidades de algas bentônicas como de populações de algas de interesse econômico, enfocando diferentes aspectos, tais como distribuição, estrutura e herbivoria (Berchez 1985, Széchy 1996, Coimbra 1998, Faccini 1998, Lima 2001).

Estudos sobre a ecologia das algas também têm sido realizados nas últimas décadas no estado do Rio de Janeiro, nas regiões de Cabo Frio e Arraial do Cabo; Baía de Sepetiba, Parati e Angra dos

Reis, enfocando estrutura de comunidades (Guimaraens & Coutinho 1996), dispersão e recrutamento de propágulos (Pupo 1996), sucessão e competição (Machado *et al.* 1992, Guimaraens *et al.* 1996), herbivoria (Machado *et al.* 1992), influência de ressurgência na distribuição das algas (Yoneshigue-Valentin & Valentin 1992).

O conhecimento acumulado sobre a biodiversidade de algas na região Sudeste do Brasil teve incrementos importantes com a incorporação de informações sobre a flora em comunidades do infralitoral, ambientes alterados pela poluição e manguezais (Oliveira Filho & Berchez 1978, Eston *et al.* 1992, Falcão 2003).

Associados à dinâmica da distribuição, estudos químicos e biológicos vêm sendo realizados, utilizando-se as algas como indicadoras de poluição de traços de metais (Cullinane *et al.* 1987, Haritonides & Malea 1995), de compostos tóxicos (Thusby & Steele 1989, Maroli *et al.* 1993, Abou-Aisha *et al.* 1995) e de qualidade ambiental de maneira geral (Morand & Briand 1996).

Entre as principais fontes poluidoras do ambiente marinho, está a indústria de petróleo, mundialmente conhecida como uma das atividades econômicas com maior potencial de impacto no ambiente. É na produção, que inclui extração, refino do óleo bruto e o transporte de seus produtos e sub-produtos, que existem as maiores chances de poluição ambiental (UNEP/IAEA 1991). De fato, nestas etapas são registrados os mais graves acidentes ambientais. Os danos causados pela indústria petrolífera são diagnosticados e monitorados através da detecção no ambiente de substâncias intrínsecas ao petróleo e seus derivados. Os hidrocarbonetos são seus compostos mais abundantes, perfazendo até 98% do total da composição do petróleo (Clark and Brown 1977, Bicego 1988, Arnalot 2002) e, por essa razão, são utilizados como indicadores de poluição por petróleo (Figueiredo 1999).

Dentre as substâncias analisadas como indicadoras, merecem destaque os hidrocarbonetos saturados, incluindo os n-alcanos, os cicloalcanos, os isoprenóides pristano e fitano, o benzeno e seus similares monoaromáticos e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, dentre eles o naftaleno. Em conjunto, esses indicadores permitem quantificar a presença do petróleo e seus

derivados e acompanhar sua trajetória de degradação física, química e biológica desses materiais (Thurman 1985, Bicego 1998, Weber 1998).

As substâncias que compõem o petróleo são, por sua estrutura, facilmente diferenciadas dos hidrocarbonetos e ácidos graxos produzidos pelas algas. Nestas, os alcanos sintetizados apresentam números ímpares de carbono, enquanto os ácidos graxos, números pares em sua cadeia (UNEP/IAEA 1991). Por isso, quando presentes, são indicadores sensíveis para a avaliação da contaminação marinha.

As algas bentônicas, o fitoplâncton, o zooplâncton e as bactérias são importantes fontes de hidrocarbonetos no meio aquático, sendo os n-alcanos os compostos predominantes nestes organismos (Saliot 1981, Weber 1981, Bicego 1998). Nas algas, há predominância dos alcanos n-C₁₅ e o n-C₁₉ (Youngblood *et al.* 1971, Clark & Blumer 1967). No fitoplâncton, os alcanos mais abundantes são n-C₁₅, n-C₁₇, n-C₁₉ e n-C₂₁ (Saliot 1981); os de origem terrestre apresentam cadeias maiores com número ímpares de carbono que vão de n-C₂₃ – n-C₃₃ (Clark & Blumer 1967, Kolattukudy 1970, Blumer *et al.* 1971, Caldicott & Eglington 1973).

Segundo Gordon & Keizer (1973) e Bicego & Weber (1986), a concentração de hidrocarbonetos em oceano aberto, águas profundas e regiões intocadas pela ação humana é de 2µg L⁻¹. Marchand (1980), porém, avalia que concentrações acima de 1µg L⁻¹ já indicam regiões marinhas afetadas pela introdução de hidrocarbonetos de petróleo e derivados. Segundo Law (1981), em sedimentos de águas costeiras, concentrações até 5µg L⁻¹ são consideradas baixas e concentrações superiores a esta indicam contaminação da área por petróleo.

Os efeitos biológicos dos hidrocarbonetos de petróleo em organismos marinhos estão relacionados a diversos fatores, tais como sua persistência e disponibilidade, capacidade de acúmulo e forma de interferência desses contaminantes no metabolismo (Weber 1998).

As frações mais leves do petróleo são as mais tóxicas ao ecossistema marinho, porém, são muito voláteis e evaporam, diminuindo assim o impacto sobre os organismos. Já as frações mais pesadas, cujas características tóxicas são menos acentuadas, interagem com a comunidade local por

permanecerem por mais tempo no ambiente (Braga 1990). Os efeitos, portanto, dependem das propriedades físicas e químicas dos diversos tipos de óleo e dos constituintes do petróleo, que podem apresentar diferentes efeitos nas espécies (GESAMP 1993).

Desde os anos 60, devido à instalação do Duto e Terminais Centro Sul (DTCS) da Petrobrás, antigo Terminal Petrolífero Almirante Barroso (TEBAR), o Canal de São Sebastião, no litoral Norte do estado São Paulo, é constantemente submetido às ações de agentes poluidores. Estes são oriundos tanto de esgotos domésticos procedentes dos municípios de São Sebastião e Ilhabela, quanto de vazamentos e derrames acidentais de petróleo, devido à intensa atividade portuária, tanto nas marinas como no porto comercial, havendo também liberação de água de lastro de petroleiros e lavagem ilegal dos tanques (Pires-Vanin 2004).

Nos últimos 20 anos, mais de 190 acidentes foram registrados no Canal de São Sebastião, sendo alguns destes considerados de grande porte (CETESB 1996). Um dos maiores acidentes ambientais ocorreu em maio de 1994, quando 2,7 milhões de litros de óleo vazaram, devido a uma ruptura do oleoduto próximo à Praia de Barequeçaba. Em agosto de 2002, três mil litros de petróleo vazaram de um navio grego e em março de 2004, outro rompimento de oleoduto ocorreu em Guaecá, onde 236 mil litros de óleo vazaram, afetando não só os costões, como também os rios próximos a estas áreas. Ao longo dos anos, outros menores, mas sucessivos acidentes vêm sendo constatados, denotando um caráter de constante contaminação (Zanardi 1996, A.L.Norte 2005).

Os efeitos do petróleo sobre a biota marinha são inúmeros e podem ser classificados de acordo com o grau de sensibilidade de cada ecossistema. Os manguezais, as regiões litorâneas dos costões e os bancos de areias protegidos são os que apresentam maior sensibilidade (API 1985), por serem altamente produtivos (Schaeffer-Novelli 1990) e estarem mais vulneráveis às constantes interações do meio marinho com o terrestre (Furtado *et al.* 1987, Bokn 1984).

Estudos realizados nas comunidades marinhas bentônicas revelam os efeitos causados por distúrbios, tanto de caráter crônico como episódico, registrados em diversos níveis de organização biológica (North *et al.* 1972, Ferreira 1991, Areces 2001).

As duas comunidades de algas escolhidas para o presente estudo estão localizadas em posições opostas em relação ao Canal de São Sebastião, o que lhes confere diferenças ambientais como, hidrodinâmica e o grau de exposição aos principais poluentes marinhos na região, fatores que podem estar causando diferenças significativas na estrutura da flora marinha. A Praia das Cigarras, escolhida como um dos pontos de amostragem, as regiões do Araçá e a Ponta do Araçá são conhecidas como altamente poluídas por esgotos domésticos. Nas Cigarras, os esgotos são lançados através de um emissário submarino. Nesse ponto, observam-se também dois córregos que contribuem com poluentes. No Araçá, também há um emissário que lança esgotos a cerca de 8 m de profundidade, sem qualquer tratamento prévio, numa área do canal com baixa intensidade de correntes (Arasaki 1997). Essa região também é servida por quatro córregos que transportam água contaminada com esgotos domésticos, principalmente em época de temporada (Zanardi 1996). Outro ponto de amostragem, a Ponta da Sela, não possui emissário submarino, por isso, não está exposta a poluição por esgotos. Levando-se em conta a ação das correntes predominantes dentro do Canal de São Sebastião, supomos que a Ponta da Sela, em Ilhabela, pode estar menos sujeita à poluição por hidrocarbonetos do que a Praia das Cigarras, em São Sebastião, que sofre ação episódica mais freqüente tanto de poluição por hidrocarbonetos quanto de esgotos doméstico-industriais.

O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar a estrutura de duas comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, comparando sua composição, distribuição e avaliando a disponibilidade de propágulos destas comunidades. Em seguida, analisar a presença de hidrocarbonetos na água do mar e nas algas, avaliando seu uso como bioindicadoras de poluição por hidrocarbonetos de petróleo.

Esta dissertação foi dividida em duas partes, sendo uma geral e a outra refere-se a dois artigos científicos no formato da revista *Hoehnea*. O primeiro trata do estudo da estrutura de duas comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião e o segundo refere-se ao

estudo da presença de hidrocarbonetos de petróleo na água do mar e em algas selecionadas das duas comunidades de costões rochosos estudadas.

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. Caracterização da área de estudo

O Canal de São Sebastião está localizado no litoral Norte do Estado de São Paulo, na parte central da Plataforma Continental Sudeste Brasileira (PCSE), entre as latitudes 23°41' e 23°53'S e longitudes 45°19' e 45°30'W (figura 1). É margeado pelo continente e a Ilha de São Sebastião. Apresenta 25 km de extensão e largura variável entre 1,9 a 7,4 km, apresentando a Sudoeste profundidades máximas entre 20 a 25 m na entrada Norte e Sul e até 45 m na região central. Tanto na ilha quanto no continente a planície costeira é bastante estreita e termina, junto ao mar, por um cordão de praias arenosas intercaladas por costões rochosos (Furtado 1987).

As médias mensais de temperatura do ar oscilam entre 19,5 °C no inverno e 24,5 °C no verão. A umidade relativa do ar está entre 83 e 85%, enquanto valores máximos de precipitação ocorrem em dezembro (2.000 mm) e mínimos em agosto (70 mm) (Tommasi, 1985).

As marés são semidiurnas com nível médio de 0,66 m, podendo nas marés de sizígia atingir 1,4 m, de acordo com a previsão apontada pela Tábua de Marés da DHN (Brasil 2005).

Assim como toda a região costeira do estado de São Paulo, o Canal de São Sebastião encontra-se sob o domínio de três massas de água: Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Tropical (AT). A AC e a AT são superficiais e apresentam características oligotróficas. Sazonalmente, ambas são enriquecidas pela ACAS, a partir do fundo, resultando em um aumento da biomassa fitoplanctônica e das taxas de produção primária, através da entrada de novos nutrientes para a camada de mistura (Aidar *et al.* 1993).

A AC domina toda área costeira, enquanto a ACAS está presente apenas nas áreas mais externas do Canal e bem mais próximas do fundo, abaixo de 30 m. A AT está restrita ao limite sul da região, em profundidades intermediárias entre AC e a ACAS (Silva *et al.* 2001).

Mudanças de correntes ocorrem principalmente em função do regime de ventos e de perturbações meteorológicas que podem reverter os padrões predominantes (Furtado *et al.* 1987, Weber & Bicego 1991, Soares 1995).

Os registros de dispersão das manchas de óleo, decorrentes de vazamentos, estão associados à hidrodinâmica do Canal (figura 2). Verifica-se, assim, a tendência dessas manchas derivarem para NE, obedecendo ao comportamento principal das correntes (Emilson 1962, Furtado *et al.* 1987). Porém, devido à presença de correntes nas entradas do Canal, a ação do óleo pode se tornar mais intensa dentro dos limites da área e nas vizinhanças. Fluxos, no entanto, podem espalhar esta ação até as regiões mais distantes, afetando uma grande superfície (Furtado *et al.* 1987).

Outros resíduos comuns na zona costeira são provenientes de esgotos domésticos e industriais, incluindo os metais pesados, compostos organo-sintéticos, carbono orgânico, nutrientes, agentes patogênicos, entre outros (Kennish 1998).

Esgotos domésticos procedentes, principalmente, dos municípios de São Sebastião e Ilhabela são outras fontes poluidoras cuja carga é aumentada durante os períodos de alta temporada turística. No continente existem dois emissários submarinos situados na Ponta do Araçá e na Praia das Cigarras, difusores estão situados a cerca de 8,0 e 8,5 metros de profundidade, com 1.061 e 1.068 metros de comprimento respectivamente. Na Ilhabela existe outro emissário no Saco da Capela com 220 m de comprimento a 24 m de profundidade (figura 1) (Arasaki 1997, CETESB 2005).

As regiões do Araçá, Ponta do Araçá e Cigarras são conhecidas como altamente poluídas por esgotos domésticos, devido à proximidade dos emissários e também devido à presença de quatro córregos que transportam água contaminada por esgotos domésticos (Zanardi 1996).

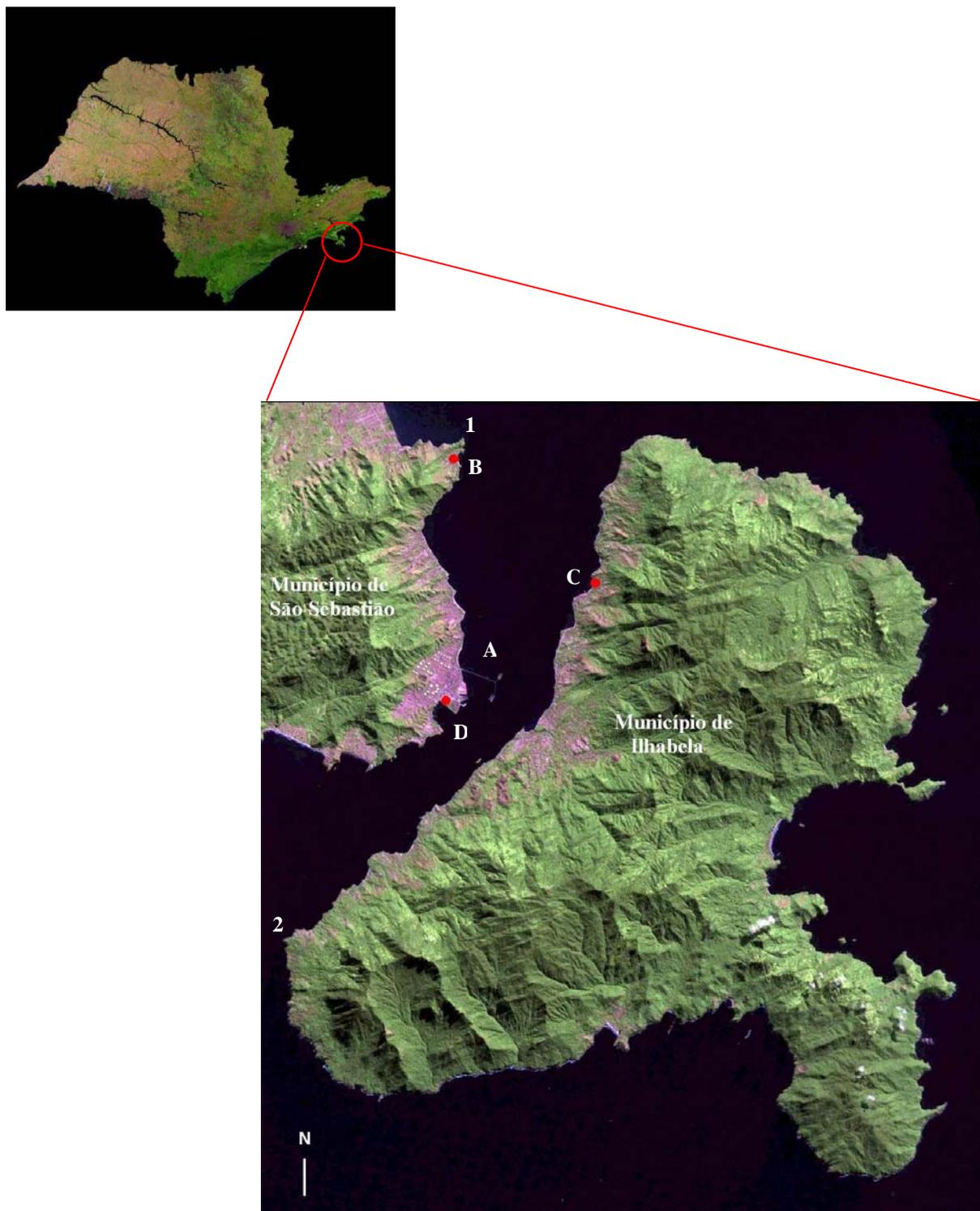


Figura 1. Localização do Canal de São Sebastião, São Paulo, destacando os dois pontos de coleta, Praia das Cigarras (1) e Ponta da Sela (2), Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS) (A) e os emissários submarinos da Praia das Cigarras (B), Saco da Capela (C) e Ponta Araçá (D).

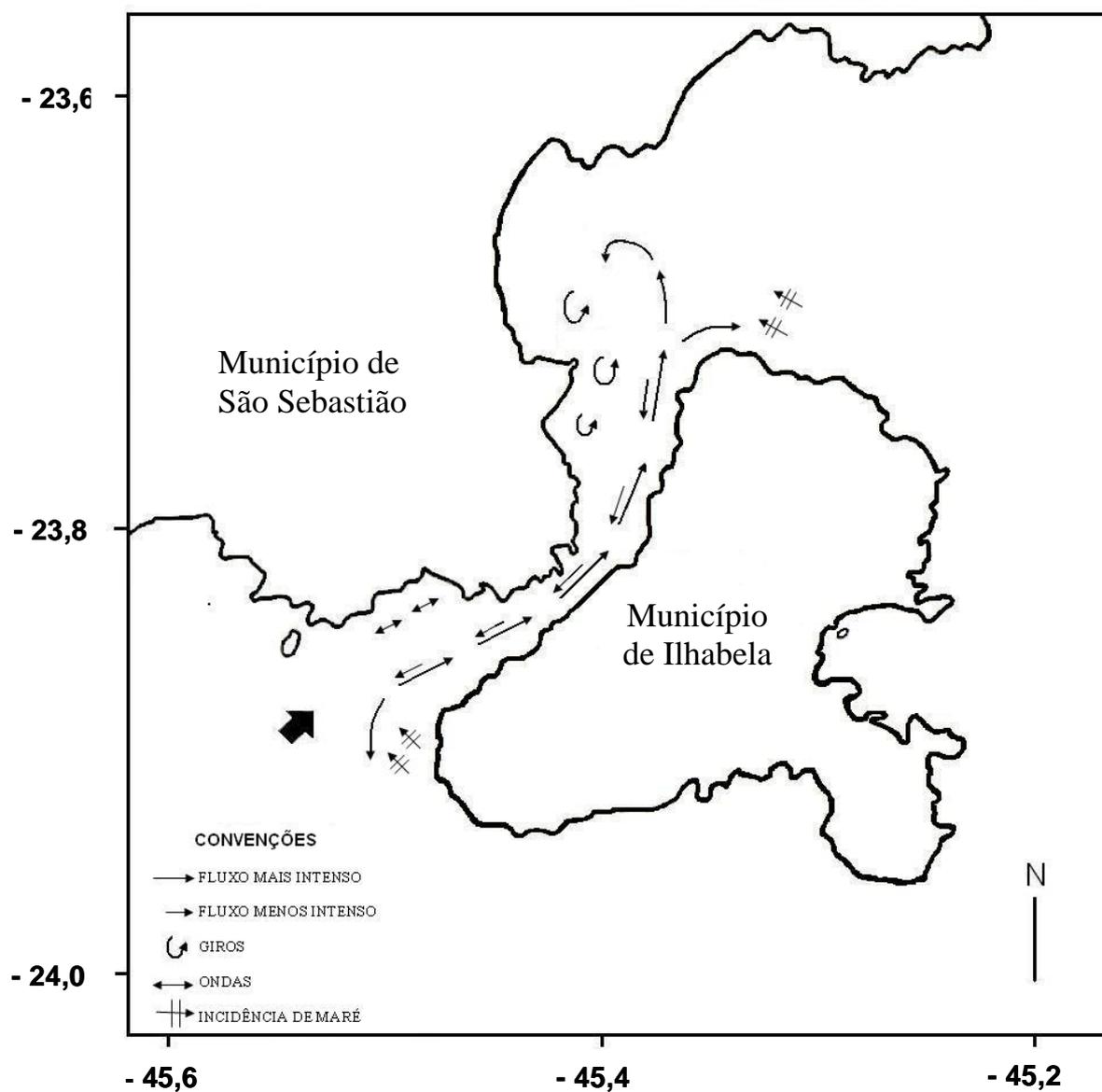


Figura 2. Esquema de circulação geral das massas d'água no Canal de São Sebastião (modificado de Furtado 1978).

Aliado a esses agentes poluidores, também está instalado na região um porto comercial associado à pesca do camarão, cujas operações de dragagem e aterros para expansão, contribuem para impactar a região com grande quantidade de material em suspensão (Zanardi 1996).

No eixo do Canal, principalmente na porção S, dados granulométricos apontam presença de sedimentos finos. As areias mais grossas situam-se preferencialmente na porção insular, sobretudo na porção N, sugerindo uma ação de correntes mais intensas nesta área. Assim, observa-se que os maiores teores de matéria orgânica tendem a localizar-se no lado continental do canal, onde a energia é mais baixa. Teores mais baixos são verificados no lado insular, onde dominam os sedimentos mais grossos (Furtado *et al.* 1998).

Teores de carbono e nitrogênio podem aumentar nos meses de primavera e verão devido à ingressão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que penetra localmente junto ao fundo, variando assim a disponibilidade de nutrientes, de acordo com a época do ano. De maneira geral, as concentrações são mais baixa do lado continental sul, sugerindo maior influência marinha no local, o que pode ser explicado pela exposição direta da área ao mar aberto. Em áreas costeiras, variações nos teores de carbono podem estar associadas a períodos de maiores e menores pluviosidades (Furtado *et al.* 1998).

2.2. Estações de Amostragem

Para a realização do estudo foram escolhidas duas estações, em dois pontos extremos do Canal de São Sebastião: Praia das Cigarras, a Noroeste do Canal (Município de São Sebastião) e Ponta da Sela, a Sudeste (Município de Ilhabela). Tanto a Praia das Cigarras quanto a Ponta da Sela sofrem influência da ação das ondas, de moderada a forte.

Os dados hidrológicos, tais como salinidade e temperatura da água não foram medidos, no entanto, dados já existentes para o Canal de São Sebastião, serviram de base para o estudo (Milanelli 2003).

Ponta da Sela

A Ponta da Sela localiza-se na Ilhabela ao Sul do Canal de São Sebastião na latitude $23^{\circ}53'02,8''S$ e longitude $45^{\circ}27'04,7''W$. Esta estação caracteriza-se por um extenso costão rochoso granítico formado ora por matações ora por amplas formações contínuas (figura 3). O estudo foi realizado num costão com extensão de 30 m, na região litorânea. Este local difere da outra estação de estudo por apresentar menor declividade (figura 4), com apenas 1 m de desnível vertical na região litorânea, seguido de um abrupto aumento da inclinação na região sublitorânea (90°). A Ponta da Sela sofre uma influência direta do mar aberto ao Sul, ao contrário do que ocorre com a Praia das Cigarras. Em geral, a água do mar é límpida, a salinidade média é de 30 UPS e a de temperatura da região, tanto do ar quanto da água varia entre $20^{\circ}C$ e $25^{\circ}C$ (Milanelli 2003). O local é de difícil acesso, utilizado apenas para pesca e mergulho. Segundo dados da CETESB (2005) a evolução da balneabilidade na região próxima à Ponta da Sela (Praia do Curral) nos anos de 2003 e 2004 mostrou qualidade da água ótima.

Praia das Cigarras

Situada na porção Norte do Canal de São Sebastião, na latitude $23^{\circ}43'51''S$ e longitude $45^{\circ}21'08''W$, a Praia das Cigarras possui costões rochosos tanto na face Norte quanto na face Sul. O estudo foi realizado na região litorânea da face Sudeste do costão Sul, numa extensão de 30 m (figura 5). O costão é amplo, de constituição granítica, apresentando inúmeras reentrâncias formando refúgios (figura 6) e diferentes habitats (Milanelli 2003). Apresenta uma maior declividade em relação à Ponta da Sela, com um desnível vertical de 1,40 m. As condições hidrodinâmicas no local variam de calmo a moderadamente exposto, situação que ocorre por ocasião de ventos fortes. A água, durante o período de estudo, apresentou pouca turbidez, o que indica pequena quantidade de matéria orgânica em suspensão. A salinidade média no local é de 30 UPS e as temperaturas do ar e da água variam entre $20^{\circ}C$ e $22^{\circ}C$ ao longo do ano (Milanelli 2003). A praia é de fácil acesso, sendo bastante utilizada por turistas. Segundo dados da CETESB (2005) a evolução da balneabilidade da Praia das Cigarras nos últimos anos mostrou qualidade da água regular, o que pode ser ocasionado pela presença de esgotos.

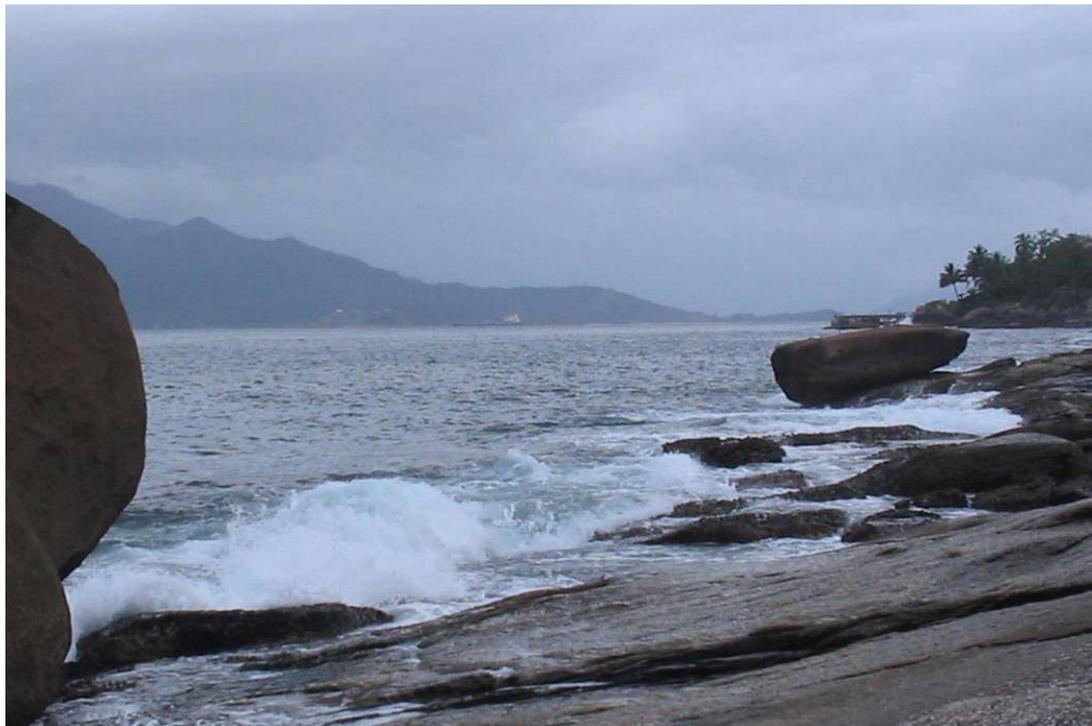


Figura 3. Estação da Ponta da Sela, Ilhabela, mostrando substrato do tipo granítico, formado por matacões e formações contínuas; ao fundo podem ser vistos os Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS).



Figura 4. Aspecto geral da região litorânea da estação da Ponta da Sela, Ilhabela, mostrando o local de amostragem.



Figura 5. Aspecto geral da região litorânea da estação da Praia das Cigarras, São Sebastião, mostrando substrato do tipo granítico; ao fundo pode ser visto o município de Ilhabela.

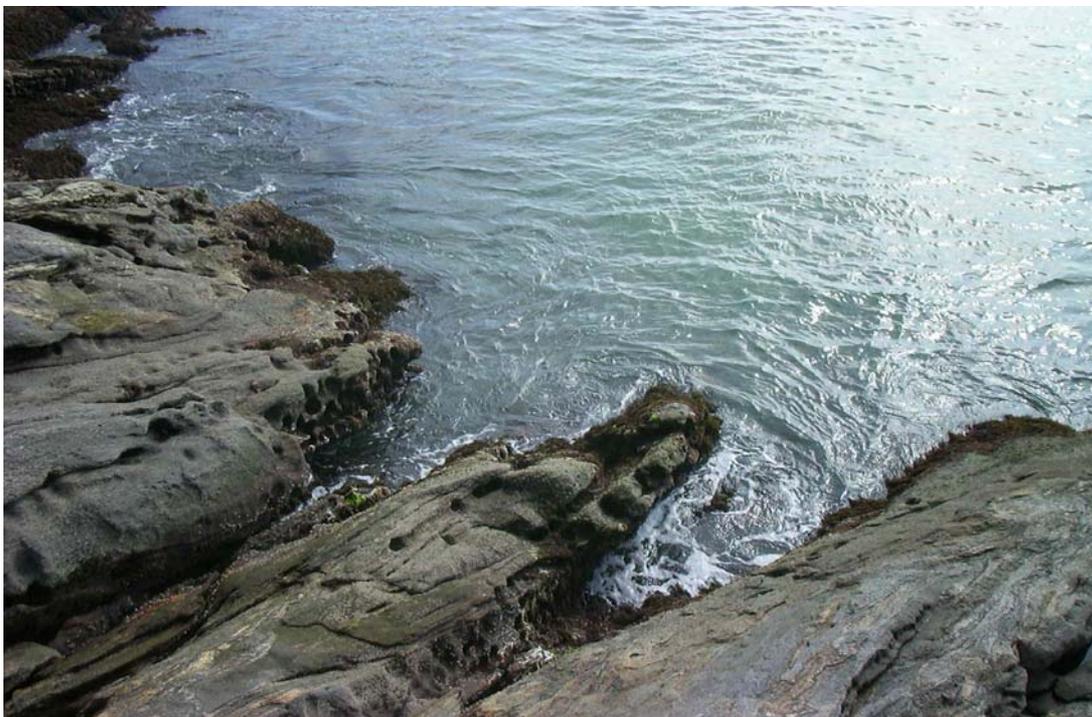


Figura 6. Praia das Cigarras, mostrando as reentrâncias do costão que formam refúgios.

3. ARTIGOS CIENTÍFICOS

Revista Hoehnea

Artigo 1

Estrutura de comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, SP, Brasil

Valeska De Laquila ¹, Dielá Pupo¹ e Luciana Retz de Carvalho¹

¹Seção de Ficologia, Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, 01061-970 São Paulo, SP, Brasil

RESUMO – (Estrutura de comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, SP, Brasil) Duas comunidades de algas marinhas bentônicas foram analisadas quanto à riqueza de espécies, grupos morfofuncionais e disponibilidade de propágulos na água superficial. O estudo foi realizado do inverno de 2003 ao inverno de 2004, na região litorânea da Praia das Cigarras, São Sebastião e da Ponta da Sela, Ilhabela, a partir de amostragens aleatórias destrutivas e não-destrutivas. Foram identificados 58 táxons durante o estudo: 36 Rhodophyta, 10 Chlorophyta e 12 Phaeophyta. A Praia das Cigarras apresentou maior diversidade de espécies, sobretudo de algas vermelhas, predominando espécies dos grupos coriáceo e carnosos-ramificados. Na Ponta da Sela, ocorreu maior número de algas pardas, predominando os grupos filamentosos e laminares. Em relação aos propágulos, a Ponta da Sela apresentou maior densidade e diversidade, predominando algas verdes no verão e pardas no inverno. A ocorrência na Sela de amplas extensões de tapetes, formados, sobretudo, por espécies filamentosas, sugere a existência de maior estresse físico, devido às condições de maior dessecação na região litorânea. Nas Cigarras, as algas ficam menos expostas, na maré baixa, aos estresses físicos devido a maior declividade do costão.

Palavras-chave: ecologia de comunidades, distribuição, macroalgas, morfofunção

ABSTRACT – (Structure of benthic marine algal communities at Canal de São Sebastião, SP, Brazil). Two algal communities were analysed in relation to species richness, functional-form groups, and propagule availability in the superficial water. The study was carried out from Winter 2003 to Winter 2004, in the littoral region of Praia das Cigarras, at São Sebastião and Ponta da Sela, at Ilhabela, through destructive and non-destructive random samplings. Fifty eight taxa were identified during the study: 36 Rhodophyta, 10 Chlorophyta and 12 Phaeophyta. Praia das Cigarras presented higher species diversity, mainly red algae, prevailing coreaceous and non-coreaceous groups. At Ponta da Sela, occurred more species of brown algae, prevailing filiform and sheet groups. In relation to the propagules, Ponta da Sela presented higher diversity and density, prevailing green algae at Summer, and brown algae at Winter. The occurrence of large extensions

of turfs at Sela, formed mainly by filiforms, suggests the existence of higher physical stress, due to desiccation conditions at littoral region. At Cigarras algae are well provided with higher nutrient concentrations, due to local organic pollution.

Key words: community ecology, distribution, function-form, macroalgae

Introdução

O litoral paulista caracteriza-se por apresentar ecossistemas costeiros rochosos, manguezais e praias arenosas. O trecho do litoral Norte, englobando os municípios de São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba é predominantemente rochoso, com extensas linhas de costões, entremeados por numerosas praias pequenas, sendo os manguezais mais escassos e concentrados na desembocadura de rios de menor porte.

Considerando a extensão e a variedade de comunidades de algas em costões rochosos, relativamente, poucos estudos têm sido feitos no litoral brasileiro. Os primeiros trabalhos sobre as algas marinhas bentônicas no litoral no estado de São Paulo foram realizados a partir da década de 50, enfocando taxonomia e levantamentos florísticos (Joly 1957, 1965, Ugadim 1973a, b, c, 1974, 1975, 1976, Oliveira Filho 1976).

As primeiras descrições de comunidades de flora e fauna de costões rochosos foram realizadas por Rawitscher (1944) para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. As populações de substrato duro de regiões entremarés em Ubatuba foram estudadas por Nonato e Pérès (1961). Oliveira (1947, 1951) e Costa (1962) também estudaram populações de substratos duros do litoral do Rio de Janeiro e da Ilha de Trindade.

Mais tarde, Oliveira Filho e Mayal (1976) apresentaram uma distribuição sazonal de organismos bentônicos e Oliveira Filho e Paula (1983) abordaram aspectos importantes sobre distribuição vertical e variação sazonal em comunidades de costões rochosos, ambos em Ubatuba, no litoral Norte do Estado. Estes dois últimos compararam comunidades próximas, porém com diferentes graus de exposição às ondas. A sucessão de algas em comunidades entremarés foi o enfoque de estudos realizados por Paula e Eston (1989) na mesma região.

Em 1978, Oliveira Filho e Berchez realizaram importante estudo mostrando as alterações da flora marinha bentônica na Baía de Santos em relação aos estudos de Joly (1957). Mais tarde, também em Santos, Rosso (1990) realizou estudos descritivos baseados em mosaicos e zonações dos costões, discutindo diversidade e dominância dos organismos.

Diversos estudos ecológicos no litoral de São Paulo foram realizados entre as décadas de 80 e 90, tanto de comunidades de algas bentônicas como de populações de algas de interesse econômico, enfocando diferentes aspectos, tais como distribuição, estrutura e herbivoria (Berchez 1985, Széchy 1996, Coimbra 1998, Faccini 1998, Lima 2001).

Estudos importantes sobre a ecologia das algas também têm sido realizados nas últimas décadas no estado do Rio de Janeiro, nas regiões de Cabo Frio e Arraial do Cabo; Baía de Sepetiba, Parati e Angra dos Reis, enfocando estrutura de comunidades (Guimaraens & Coutinho 1996), dispersão e recrutamento de propágulos (Pupo 1996), sucessão e competição (Machado *et al.* 1992, Guimaraens *et al.* 1996), herbivoria (Machado 1991), influência de ressurgência na distribuição das algas (Yoneshigue-Valentin & Valentin 1992, Pupo 1996). Estudos realizados por Pupo (1996) mostraram que algumas espécies de algas de costões rochosos com maior hidrodinâmica apresentam densidades de propágulos significativamente maiores do que aqueles mais calmos e com pouca circulação da água, mostrando que este também é um fator importante na distribuição das algas nos costões.

O conhecimento acumulado sobre a biodiversidade de algas na região Sudeste teve incrementos importantes com a incorporação de informações sobre a flora em comunidades do infralitoral, ilhas, ambientes alterados pela poluição e manguezais (Oliveira Filho & Berchez 1978, Eston *et al.* 1992, Horta 2000, Falcão 2003).

Desde a década de 90, Berchez e colaboradores vem realizando na região de Ubatuba estudos em ecologia de algas bentônicas enfocando diversos aspectos, como distribuição, estruturas de comunidades e herbivoria (Coimbra 1998, Lima 2001). Alguns artigos teóricos também foram publicados, com o intuito de auxiliar em estudos sobre distribuição dos organismos bentônicos nos costões, adaptando termos e conceitos utilizados em estudos de comunidades de regiões temperadas (Eston 1987, Paula 1987, Coutinho 1995, 2002).

O modelo morfofuncional de macroalgas tem sido amplamente adotado em estudos ecológicos por diversos autores (Littler 1981, Littler & Arnold 1980, Gaines & Lubchenco 1982,

Littler *et al.* 1983, Hay & Taylor 1984, Hanisak *et al.* 1988, Hanisak *et al.* 1990, Steneck & Dethier 1990, Figueiredo *et al.* 2004). Tal modelo foi desenvolvido para sintetizar o significado da arquitetura das plantas em relação à produtividade e à sobrevivência das comunidades de macroalgas bentônicas (Littler & Litter 1980).

Seus aspectos têm sido empregados com sucesso para interpretar a dinâmica da população de algas nos costões rochosos sob influência de distúrbios, indicando padrões de estabilidade e estresse na comunidade (Littler & Littler 1980, Seapy & Littler 1982, Littler *et al.* 1983, Rosemberg & Ramus 1984, Hanisak 1988, Hanisak *et al.* 1990).

O entendimento do agrupamento forma/função permite interpretar as relações morfológicas, fisiológicas e ecológicas da comunidade sem a necessidade de indentificação de cada espécie componente (Littler & Littler 1983b, Littler & Littler 1984, Hanisak *et al.* 1988), o que agiliza trabalhos de monitoramento e detecção de impactos ambientais.

Muitas algas que compartilham padrões morfológicos semelhantes pertencem a linhas filogenéticas distintas, demonstrando convergências adaptativas para fatores que regulam a sobrevivência e a reprodução (Littler *et al.* 1983). Convergências evolutivas nas formas de crescimento constituem vantagens adaptativas em resposta aos mecanismos de perturbação aos quais as diferentes populações estão submetidas (Hay 1981). Portanto, grupos morfofuncionais podem estar relacionados com o estresse abiótico (poluição, dessecação, ação das ondas, luminosidade, entre outros) (Hay 1981, Hay & Taylor 1984) que sofrem as populações, causando assim adaptações em determinadas espécies.

O presente trabalho representa uma contribuição ao conhecimento dos ecossistemas costeiros, ao descrever e comparar, qualitativa e quantitativamente, duas comunidades de algas marinhas bentônicas na região do Canal de São Sebastião, São Paulo. Para isso, utilizamos tanto dados da diversidade das espécies, quanto da diversidade de grupos morfofuncionais das algas.

Assim, o estudo teve como objetivos: caracterizar a estrutura de duas comunidades de algas marinhas bentônicas da região litorânea do Canal de São Sebastião, situados em posições opostas e,

supostamente, sujeitas a diferentes ações antrópicas e hidrodinâmicas; comparar estas duas comunidades em relação à sua composição e distribuição; utilizar as relações entre forma e função para interpretar a dinâmica da população algal nos costões rochosos, sob a influência de possíveis distúrbios; verificar e comparar a disponibilidade de propágulos na água do mar junto aos costões estudados.

Para a realização deste trabalho foi formulada a hipótese de que existe diferença na composição e distribuição das algas nos dois costões rochosos estudados sugerindo os possíveis fatores que estão atuando.

Material e métodos

Local de estudo

Os locais estudados foram duas comunidades de algas da região litorânea no Canal de São Sebastião (23°41'S e 45°19'W a 23°53'S e 45°30'W): Ponta da Sela, Município de Ilhabela (23°53'02,8'S e 45°27'04,7'W), localizada a Sudeste do Canal e Praia das Cigarras, Município de São Sebastião (23°43'51'S e 45°21'08'W), a Noroeste. As amostragens foram realizadas entre o inverno de 2003 e o inverno de 2004, nas quatro estações do ano, durante o período de maré baixa.

Assim como toda a região costeira do estado de São Paulo, o Canal de São Sebastião encontra-se sob o domínio de três massas de água: Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Tropical (AT). AC e AT são superficiais e apresentam características oligotróficas. Sazonalmente, ambas são enriquecidas pela ACAS, a partir do fundo, resultando em um aumento da biomassa fitoplanctônica e das taxas de produção primária, através da entrada de novos nutrientes para a camada de mistura (Aidar *et al.* 1993).

Estudo realizado por Silva *et al.* (2001) mostra que a massa d'água AC domina toda a área costeira, enquanto a ACAS está presente apenas nas áreas mais externas do Canal e bem mais próximas do fundo, abaixo de 30 m. A massa d'água AT está restrita ao limite sul do Canal, em

profundidades intermediárias entre a AC e a ACAS. O comportamento principal das correntes do Canal de São Sebastião é no sentido NE (figura 1).

No eixo do Canal, principalmente na porção Sul, dados granulométricos apontam presença de sedimentos finos. As areias mais grossas situam-se preferencialmente na porção insular, sobretudo na porção Norte, sugerindo uma ação de correntes mais intensas nesta área (Furtado *et al.* 1998). Observa-se, assim, que os maiores teores de matéria orgânica tendem a localizar-se no lado continental do canal, onde a energia é mais baixa. Teores mais baixos são verificados no lado insular, onde dominam os sedimentos mais grossos (Furtado *et al.* 1998).

Ponta da Sela

Esta estação caracteriza-se por um extenso costão rochoso granítico formado ora por matacões ora por amplas formações contínuas. O estudo foi realizado num costão com extensão de 30 m, na região litorânea. Este local difere da outra estação de estudo por apresentar menor declividade, com apenas 1 m de desnível vertical na região litorânea, seguido de um abrupto aumento da inclinação na região sublitorânea (90°). A Ponta da Sela sofre uma influência direta do mar aberto ao Sul, ao contrário do que ocorre com a Praia das Cigarras. Em geral, a água do mar é límpida, a salinidade média é de 30 UPS e a de temperatura na região, tanto do ar quanto da água varia entre 20 °C e 25 °C (Milanelli 2003). O local é de difícil acesso, utilizado apenas para pesca e mergulho. Segundo dados da CETESB (2005) a evolução da balneabilidade na região próxima à Ponta da Sela (Praia do Curral) nos anos de 2003 e 2004 mostrou qualidade da água ótima.

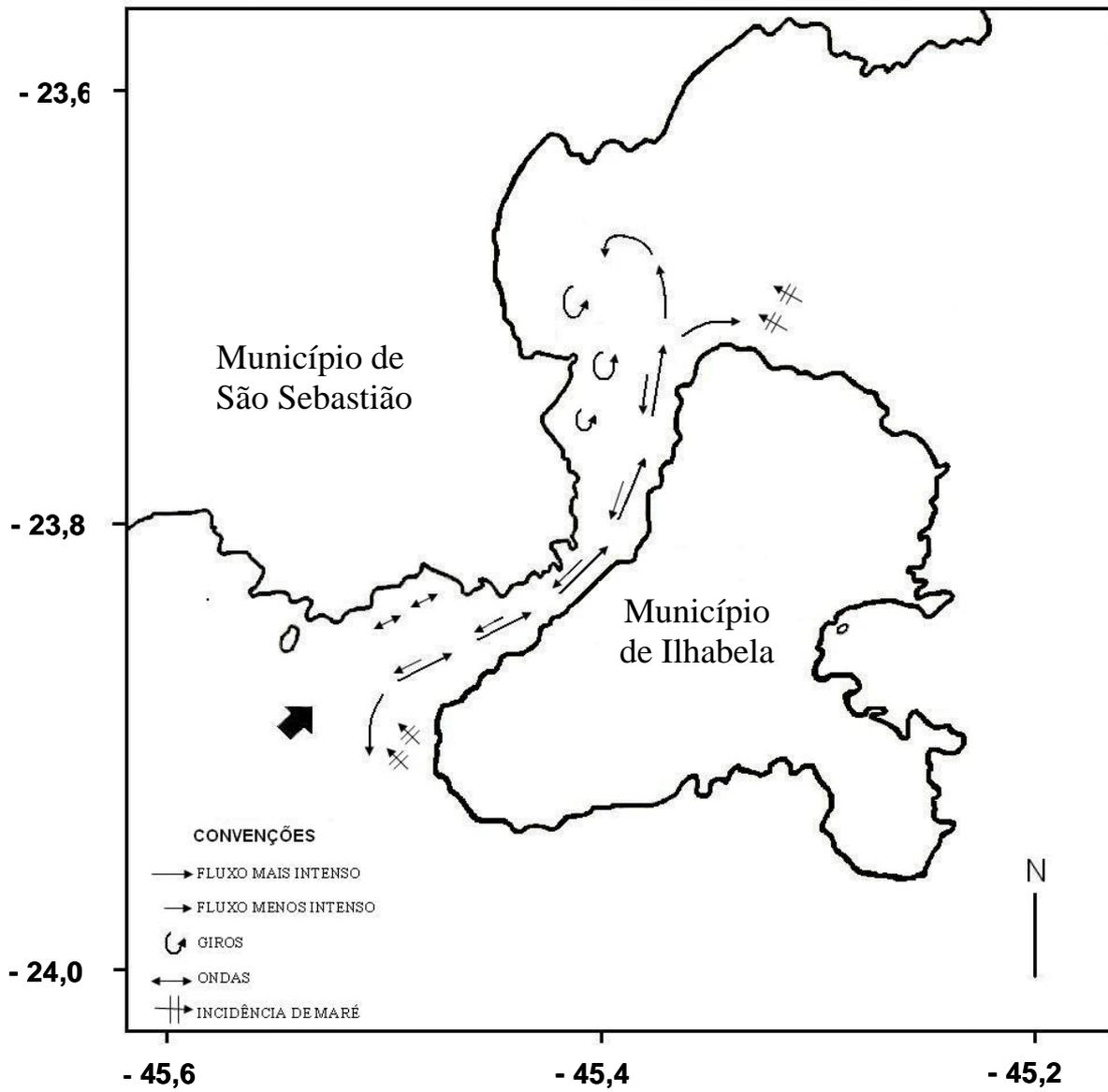


Figura 1. Esquema de circulação geral das massas d'água no Canal de São Sebastião (modificado de Furtado 1978).

Praia das Cigarras

Esta praia arenosa possui costões rochosos tanto ao Norte quanto ao Sul. O estudo foi realizado na região litorânea da face Sudeste do costão Sul, numa extensão de 30 m. O costão é amplo, de constituição granítica, apresentando inúmeras reentrâncias formando refúgios e diferentes habitats (Milanelli 2003). Apresenta uma maior declividade em relação à Ponta da Sela, com um desnível vertical de 1,40 m. As condições hidrodinâmicas no local variam de calmo a moderadamente exposto, situação que ocorre por ocasião de ventos fortes. A água, durante o período de estudo, apresentou pouca turbidez, o que indica pequena quantidade de matéria orgânica em suspensão. A salinidade média no local é de 30 UPS e as temperaturas do ar e da água variam entre 20 °C e 22 °C ao longo do ano (Milanelli 2003). A praia é de fácil acesso, sendo bastante utilizada por turistas. Segundo dados da CETESB (2005) a evolução da balneabilidade da Praia das Cigarras nos últimos anos mostrou qualidade da água regular, o que pode indicar presença de esgotos.

A coleta de dados qualitativos para a identificação das espécies e dos grupos morfofuncionais foi feita utilizando métodos destrutivos de amostragens. Para dados quantitativos, baseados em porcentagem de cobertura, foram utilizados métodos não-destrutivos (Oliveira & Paula 1983, Littler & Littler 1985, Underwood 1997, Figueiredo *et al.* 2004).

A área amostral compreendeu cerca de 30 m de extensão por 4 a 6 m de largura, nas duas estações de coleta. Cada área foi dividida em duas faixas, superior e inferior.

A cada amostragem, foi estendida uma fita métrica horizontalmente em relação à linha de maré, a fim de posicionar aleatoriamente as unidades amostrais utilizadas, que foram quadrados de 0,20 x 0,20 m. Para isto, foram sorteados pontos a cada metro ao longo da fita, na porção mediana das duas faixas, posicionando a unidade amostral sobre o ponto sorteado.

Análise qualitativa – riqueza de espécies

Para os dados qualitativos, seis quadrados foram estabelecidos aleatoriamente, três na faixa superior e três da faixa inferior. Para cada amostra, a área do quadrado foi raspada, com o auxílio de espátula (figura 2). Os materiais, logo após a coleta, foram fixados em solução de formol a 4%, acondicionados em frascos protegidos da luz e levados para identificação em laboratório.

A identificação de gêneros e espécies foi baseada em chaves de identificação e trabalhos de flora específica brasileira sobre macroalgas bentônicas, tais como Joly (1965), Santos (1983), Yoneshigue, (1985), Amado Filho (1991) e Moura (2000). A nomenclatura básica das algas utilizada foi baseada em Wynne (1998), complementada e atualizada por meio de trabalhos recentes de taxonomia (Nam 1999, Barreto & Yoneshigue-Valentin 2001, Guimarães *et al.* 2004, Senties & Fujii 2002). As algas coralináceas incrustantes e os representantes de Cyanobacteria não foram identificados, registrando-se apenas a sua presença.

Análise qualitativa – grupos morfofuncionais

Os táxons estudados foram agrupados em grupos morfofuncionais, segundo modelo proposto por Littler, Littler & Taylor (1983). Os grupos caracterizados neste trabalho foram:

1. Laminar: algas com uma ou mais camadas de células, hábito ereto, foleáceo expandido, em fita ou tubular, com ou sem ramificação, podendo apresentar talo pseudo-parenquimatoso ou parenquimatoso. Exemplos: *Ulva*, *Enteromorpha* e *Dictyota*.

2. Filamentoso: algas unisseriadas, multisseriadas e/ou cenocíticas de hábito ereto, podendo formar filamentos delicados, ramificados ou não. Exemplos: *Centroceras*, *Chaetomorpha* e *Ceramium*.

3. Carnoso-ramificado: algas de talo ereto, cilíndrico ou achatado com organização pseudo-parenquimatoso ou parenquimatoso, diferenciada em região cortical e medular, apresentando textura elástica, carnosa ou cartilaginosa; com ramificações. Exemplos: *Laurência*, *Acanthophora* e *Liagora*.

4. Coriáceo: algas com hábito ereto, organização pseudo-parenquimatosa, região cortical formada por várias camadas de células de parede espessa, resultando num talo laminar espesso, ramificado ou não. Exemplos: *Sargassum*, *Gracilari* e *Grateloupia*.

5. Calcário articulado: algas impregnadas com carbonato de cálcio, articuladas e eretas, isoladas ou formando tapetes com outras algas; hábito ereto, organização do talo pseudo-parenquimatosa, diferenciando região cortical e medular. Exemplos: *Halimeda*, *Jania* e *Amphiroa*.

6. Crostoso: algas de hábito incrustante ou prostrado, com organização do talo pseudo-parenquimatosa, calcificadas ou não. Exemplos: *Peyssonnelia*, *Ralfisia* e Coralinácea incrustante.

Análise quantitativa – grau de recobrimento

Para os dados quantitativos, 5 quadrados foram estabelecidos aleatoriamente na faixa superior e cinco na faixa inferior. O grau de recobrimento das espécies foi estimado por meio da porcentagem de cobertura das espécies, nos vários estratos. A unidade amostral consistiu do quadrado de 0,20 x 0,20 m subdividido em 100 pontos, sendo 30 pontos de interseção marcados aleatoriamente (figura 3). A porcentagem de cobertura foi observada nos 30 pontos e estimada para a área total do quadrado. Quando necessário, as amostras foram coletadas, fixadas em solução de formol a 4%, acondicionados em frascos protegidos da luz e levados para identificação em laboratório.

Análise da disponibilidade de propágulos

Foi analisada a disponibilidade de propágulos de macroalgas nas duas estações de estudo, nos períodos de verão e de inverno de 2004. Para tanto, a cada amostragem, foram coletadas três amostras de água do mar superficial em frascos de 500 mL, próximos aos costões estudados.

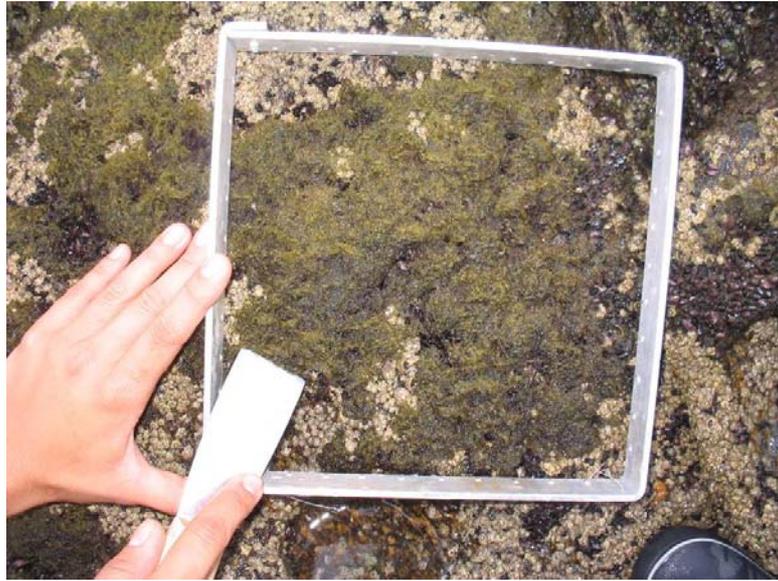


Figura 2. Unidade amostral: quadrado de 0,20 x 0,20 m para amostragem destrutiva.



Figura 3. Unidade amostral: quadrado quadriculado (0,20 x 0,20 m) com 100 pontos, sendo 30 pontos marcados aleatoriamente para estimar a porcentagem de cobertura.

A partir das amostras, foram filtradas três subamostras de 300 mL de água do mar e os propágulos foram retidos em filtros Millipore de 0,45 μm . Os filtros com os propágulos foram colocados em cultura, em cristalizadores esterelizados de 100 X 45 mm, acrescidos com 200 mL de água do mar (30 UPS) e enriquecidos com 4 mL L⁻¹ de meio von Stosch (Edwards 1970). Para impedir o desenvolvimento de diatomáceas, foi feita a adição de 1 mL L⁻¹ de GeO₂ (Lewin 1966). A cultura-controle foi preparada com 200 mL de água do mar filtrada das três amostras, com os mesmos procedimentos de cultura. O meio foi trocado a cada 7 dias. O fotoperíodo foi mantido em 12:12, com irradiância de 40 $\mu\text{mol f\acute{o}tons.m}^{-2}.s^{-1}$. e temperatura de 22° C \pm 1. Após três semanas, as algas germinadas foram identificadas e contadas com o auxílio do microscópio óptico e estereomicroscópio (marca Zeiss). A unidade de medida da densidade de propágulos foi dada pelo número de plântulas germinadas por 300 mL de água do mar.

Tratamento estatístico

Análise de Componentes Principais (PCA)

A Análise de Componentes Principais (matriz de covariância) foi utilizada na ordenação das amostragens. O programa utilizado foi o PC-ORD versão 3.3 para Windows (McCune & Mefford 1997). Foram feitas duas análises: uma com os dados da matriz de presença e ausência e outra com a porcentagem de cobertura das espécies, em relação às estações amostrais, faixas do costão (superior e inferior) e estações do ano.

A PCA (Goodall 1954 *apud* Valentin 2000) foi utilizada para determinar a distribuição espacial (estações de amostragens e faixas do costão) e sazonal (estações do ano) das espécies encontradas. Foram consideradas correlações significativas aquelas que apresentaram $r > 0,500$, com os eixos 1 e 2 da ordenação.

Análise de Variância (ANOVA)

A análise dos dados quantitativos, relativos à porcentagem de cobertura dos grupos morfofuncionais, foi feita através de ANOVA, pelo programa Minitab 14.0 for Windows.

Para levar em conta tanto o número de quadrados, quanto as porcentagens encontradas em cada um, a variável-resposta analisada foi a porcentagem ponderada de pontos observados. As médias da variável-resposta foram comparadas segundo os níveis dos fatores, Local e Estação do ano, por meio de um modelo de Análise de Variância (ANOVA) com dois fatores fixos. Para a aplicação deste modelo, aplicando-se os testes de Anderson-Darling e de Levene (Neter 1996, Bussab 2005), foi verificado se os valores das variáveis-respostas seguiam uma distribuição normal com variância constante, em cada nível do fator considerado. Nos casos em que a hipótese de normalidade e de homoscedasticidade não foram verificadas, foi usada a transformação *ln* (logaritmo neperiano) na variável resposta, antes das médias serem comparadas por meio do modelo de ANOVA com dois fatores fixos.

Nas situações em que a hipótese de igualdade de médias foi rejeitada para o fator Local ou Estação do ano, foram construídos intervalos de confiança para as diferenças entre os valores médios populacionais das variáveis respostas, controlando-se o coeficiente de confiança global em 95%.

Perfil dos costões

Para obtenção de um perfil mais detalhado da região litorânea foi empregada a técnica de nível d'água (Oliveira Filho & Mayal 1976, Jones 1980). A medida de inclinação foi feita na primavera, ao longo de um transecto em cada um dos locais de coleta. Neste perfil, o grau de recobrimento das espécies foi estimado com o auxílio de um quadrado de 0,20 x 0,20 m, quadriculado com 100 pontos e destes, 30 pontos sorteados aleatoriamente. Para identificação dos organismos, quando necessário, foram tomadas amostras.

Resultados

Análise qualitativa - riqueza de espécies

Durante o estudo foi verificada a presença de 58 táxons (tabela 1), dentre Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta e Cyanobactéria. Tanto a Ponta da Sela (figura 4) quanto a Praia das Cigarras (figura 5) apresentaram maior ocorrência de algas vermelhas, seguido de pardas, verdes. Cianobactérias só foram observadas na Ponta da Sela, não sendo identificadas, mas apenas registradas sua ocorrência.

Na Ponta da Sela foram observados 35 táxons e na Praia das Cigarras 41 (tabela 2). Na Ponta da Sela, ocorreram 16 espécies exclusivas enquanto na Praia das Cigarras ocorreram 22.

No inverno de 2003, o número de espécies nos dois locais não apresentaram grande variação. Porém, no outono e no inverno de 2004, a Praia das Cigarras apresentou maior número de espécies (24 no outono e 28 no inverno) que a Ponta da Sela (19 no outono e 22 no inverno).

Outra informação que se observa na tabela 2 é o fato de ocorrer maior número de táxons de algas pardas filamentosas na Ponta da Sela em relação à Praia das Cigarras.

Análise de Componentes Principais (PCA)

A análise de ordenação foi utilizada para testar a hipótese inicialmente formulada da existência de diferença na distribuição das espécies de algas entre os dois costões rochosos estudados e as estações do ano (figura 6).

Os resultados foram obtidos com base na matriz de presença e ausência das espécies em relação às estações amostrais, faixas do costão (superior e inferior) e estações do ano.

A representação gráfica da PCA mostra dois eixos de ordenação, sendo que o eixo 1, no plano horizontal, mostra a distribuição espacial, e o eixo 2, no plano vertical, a distribuição sazonal. A porcentagem de explicabilidade do eixo 1 foi de 46 % e do eixo 2, de 11 %.

Tabela 1. Lista Geral dos táxons estudados

RHODOPHYTA

Acanthophora spicifera (Vahl) Børgesen
Aglaothamnion felliponei (M. Howe) Aponte, D.L. Ballant & J.N. Norris
Amphiroa anastomosans Weber Bosse
Amphiroa beauvoisii J.V. Lamour.
Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevis.
Bryocladia cuspidata (J. Agardh) De Toni
Bryocladia thyrsgera (J. Agardh) F. Schmitz in Falkenb.
Centroceras clavulatum (C. Agardh in Kunth) Mont. In Durieu de Maisonneuve
Ceramium brasiliense A.B. Joly
Ceramium brevizonatum H. E. Petersen var. *caraicum* H.E. Petersen & Børgesen
Ceramium dawsonii A.B. Joly
Ceramium tenerrimum (G. Martens) Okamura
Chondracanthus teedei (Mertens ex Roth) Fredericq
Chondrophycus flagelliferus (Tokida et Saito) K.W. Nam
Corallina officinalis L.
Dasya brasiliensis E.C. Oliveira & Y. Braga
Gelidiopsis variabilis (Grev. Ex J. Agardh) F. Schmitz
Gelidium floridanum W.R. Taylor
Gelidium pusillum (Stackh.) Le Jolis
Grateloupia filicina (J.V. Lamour.) C. Agardh
Gymnogongrus griffithsiae (Turner) Mart.
Herposiphonia secunda (C. Agardh) Ambronn
Hypnea musciformis (Wulfen in Jacqu.) J.V. Lamour.
Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing
Jania adhaerens J.V. Lamour.
Jania crassa Lamouroux
Laurencia filiformis (C. Agardh) Mont.
Neosiphonia ferulacea (Suhr ex J. Agardh) S.M. Guim. & M.T. Fujii
Ophidocladus simpliciusculus (P. Crouan & H. Crouan) Falkenb.
Peyssonnelia simulans Weber Bosse in Børgesen
Polysiphonia howei Hollenb. in W.R. Taylor
Pterosiphonia pennata (C. Agardh) Falkenb.
Rhodymenia pseudopalmata (J.V. Lamour.) P.C. Silva
Wrangelia argus (Mont.) Mont.
 Corallinaceae incrustante

CHLOROPHYTA

Bryopsis pennata J.V. Lamour.
Caulerpa fastigiata Mont.
Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh
Caulerpa sertularioides (S.G.Gmel.) M. Howe
Chaetomorpha anteninna (Bory) Kütz.

Tabela 1. (cont)

Cladophora brasiliiana G. Martens
Cladophora corallicola Børgesen
Cladophora prolifera (Roth) Kütz.
Cladophora vagabunda (L.) C. Hoek
Ulva rigida C. Agardh

PHAEOPHYTA

Asteronema breviararticulatum (J. Agardh) Ouriques & Bouzon
Bachelotia antillarum (Grunov) Gerloff
Colponemia sinuosa (Roth) Derbès & Solier
Dictyopteris delicatula J.V. Lamour.
Dictyota menstrualis (Hoyt) Schnetter, Hörnig & Weber-Peukert
Feldmannia irregularis (Kütz.) Hamel
Hinckesia mitchelliae (Harv.) P.C. Silva
Padina gymnospora (Kütz.) Sond.
Ralfsia expansa (J. Agardh) J. Agardh
Sargassum furcatum Kütz.
Sargassum stenophyllum Mart.
Sphacelaria brachygona Mont.
Sphacelaria tribuloides Menegh.

CYANOBACTERIA

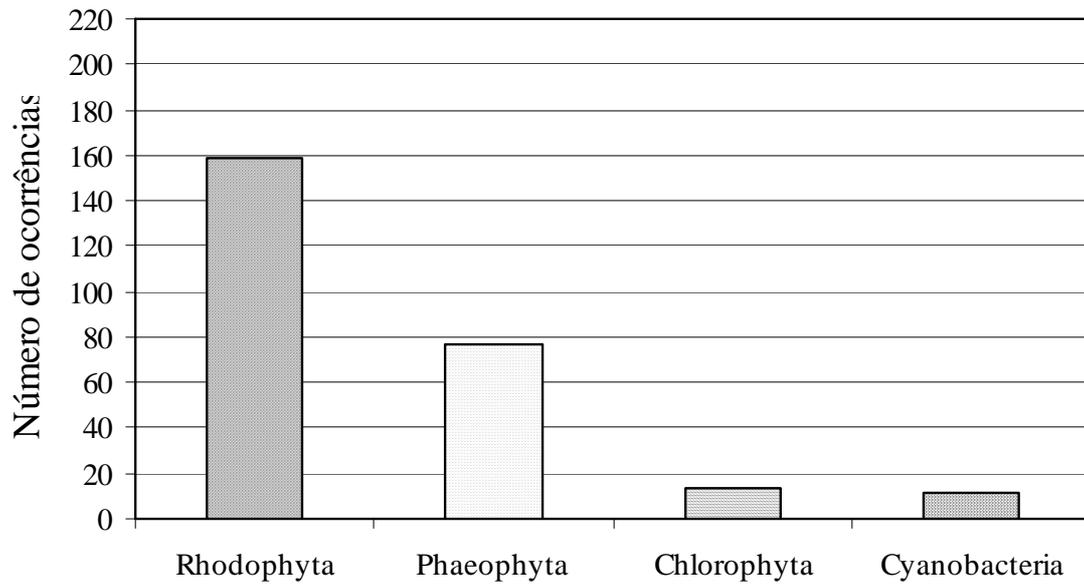


Figura 4. Número de ocorrências de Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta e Cyanobacteria na Ponta da Sela no período de agosto de 2003 a agosto de 2004.

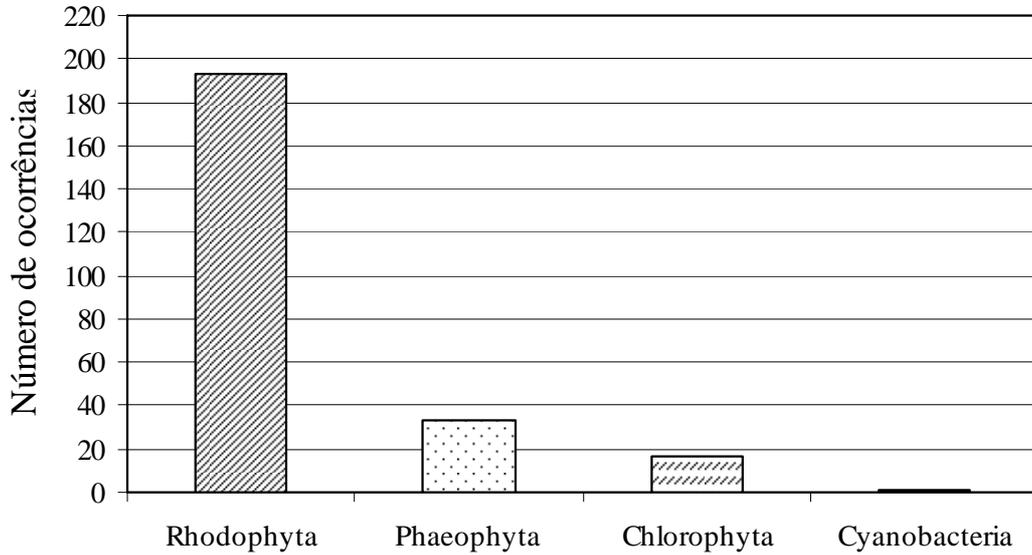


Figura 5. Número de ocorrências de Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta e Cyanobacteria na Praia das Cigarras no período de agosto de 2003 a agosto de 2004.

Tabela 2. (cont.)

Táxons	Local									
	Inv./ 03	Sela			Inv./ 04	Inv./ 03	Cigarras			Inv./ 04
		Prim.	Ver.	Out .			Prim.	Ver.	Out .	
CHLOROPHYTA										
<i>Bryopsis pennata</i>										
<i>Caulerpa fastigiata</i>										
<i>Caulerpa racemosa</i>										
<i>Caulerpa sertularioides</i>										
<i>Chaetomorpha anteninna</i>										
<i>Cladophora brasiliana</i>										
<i>Cladophora corallicola</i>										
<i>Cladophora prolifera</i>										
<i>Cladophora vagabunda</i>										
<i>Ulva rigida</i>										
PHAEOPHYTA										
<i>Asteronema breviarticulatum</i>										
<i>Bachelotia antillarum</i>										
<i>Colponemia sinuosa</i>										
<i>Dictyopteris delicatula</i>										
<i>Dictyota menstrualis</i>										
<i>Feldmannia irregularis</i>										
<i>Hincksia mitchelliae</i>										
<i>Padina gymnospora</i>										
<i>Ralfsia expansa</i>										
<i>Sargassum furcatum</i>										
<i>Sargassum stenophyllum</i>										
<i>Sphacelaria brachygona</i>										
<i>Sphacelaria tribuloides</i>										
CYANOBACTERIA										
Cyanobactéria										

As unidades amostrais da Ponta da Sela estão associadas ao lado negativo do eixo 1, enquanto as unidades amostrais da Praia das Cigarras estão associadas ao lado positivo do mesmo eixo.

Verifica-se a existência de uma maior associação das unidades amostrais na Ponta da Sela em relação à Praia das Cigarras, indicando uma similaridade na composição das espécies.

As espécies *Chondracanthus teedei* (sp13), *Corallina officinalis* (sp15), *Ulva rigida* (sp45) e *Sargassum stenophyllum* (sp55), estão associadas significativamente com o lado positivo do eixo 1 (tabela), ocorrendo exclusivamente na Praia das Cigarras. As espécies *Corallina officinalis* (sp15) e *Ulva rigida* (sp45) estão associadas significativamente com a estação de amostragem **Csago**, enquanto as espécies *Chondracanthus teedei* (sp13) e *Sargassum stenophyllum* (sp55) com a estação de amostragem **Csjun**. Nos meses de março, agosto e novembro de 2004, é possível verificar a associação das unidades amostrais na Praia das Cigarras.

Em oposição, as unidades amostrais da Ponta da Sela projetam-se para o lado negativo do eixo 1. As espécies *Jania adhaerens* (sp25), *Neosiphonia ferulacea* (sp28), *Dictyota menstrualis* (sp49), *Feldmannia irregularis* (sp50), *Hincksia mitchelliae* (sp51) e Cyanobactéria (sp58), estão associadas significativamente com este eixo (tabela 3), ocorrendo exclusivamente na Ponta da Sela.

Em relação ao eixo 2, as espécies *Gelidiopsis variabilis* (sp17) e *Rhodymenia pseudopalmata* (sp33) estão associadas ao lado positivo enquanto as espécies *Amphiroa beauvoisii* (sp4) e *Wrangelia argus* (sp34) estão associadas ao lado negativo. Todas as espécies estiveram associadas significativamente ao eixo (tabela 3). As espécies *Gelidiopsis variabilis* (sp17) e *Rhodymenia pseudopalmata* (sp33) estão associadas significativamente com as estações de amostragens **Ciago**, **Ciago4** o que indica uma provável distribuição sazonal.

As espécies localizadas na região central apresentam distribuição não significativa em relação às estações de amostragens, sendo a correlação com os eixos baixa (tabela 3).

Esta análise permitiu mostrar o efeito predominante da variação espacial nas espécies.

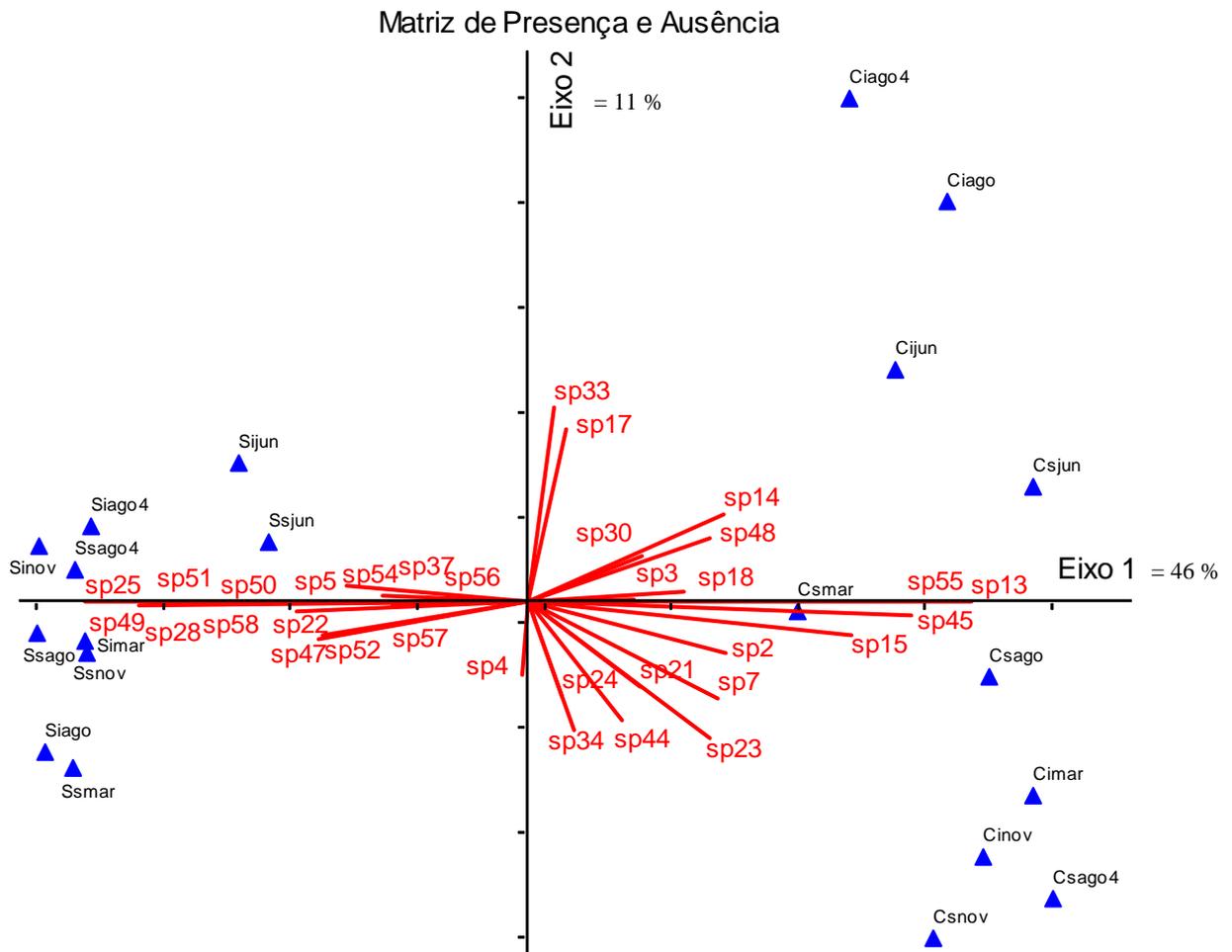


Figura 6. Ordenação da PCA, das unidades amostrais (locais de coleta, faixas do costão superior e inferior e mês de coleta) e das espécies analisadas utilizando os dados da matriz de presença e ausência. As unidades amostrais foram identificadas como: S = Ponta da Sela, C = Praia das Cigarras, s = faixa superior do costão, i = faixa inferior do costão. Os meses e ano foram abreviados como: ago- agosto/2003, nov = novembro/2003, mar = março/2004, jun = junho/2004 e ago4 = agosto/2004.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis e os dois primeiros eixos de ordenação (N=20).

Espécies	Abreviações	Correlações	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Aglaothamnion felliponei</i>	sp2	,657	-,390
<i>Amphiroa anastomosans</i>	sp3	,478	,084
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	sp4	-,122	-,466
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	sp5	-,628	,220
<i>Bryocladia cuspidata</i>	sp7	,642	-,535
<i>Centroceras clavulatum</i>	sp9	-,047	-,100
<i>Ceramium brasiliense</i>	sp10	,385	-,061
<i>Ceramium dawsonii</i>	sp11	,311	-,055
<i>Chondracanthus teedei</i>	sp13	,983	,037
<i>Chondrophyucus flagelliferus</i>	sp14	,653	,510
<i>Corallina officinalis</i>	sp15	,840	-,320
<i>Gelidiopsis variabilis</i>	sp17	,163	,583
<i>Gelidium floridanum</i>	sp18	,495	-,501
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i>	sp21	,495	-,501
<i>Herposiphonia secunda</i>	sp22	-,711	-,176
<i>Hypnea musciformis</i>	sp23	,631	-,639
<i>Hypnea spinella</i>	sp24	,273	-,534
<i>Jania adhaerens</i>	sp25	-,983	-,037
<i>Neosiphonia ferulacea</i>	sp28	-,921	-,104
<i>Peyssonnelia simulans</i>	sp30	,500	,366
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	sp33	,238	,759
<i>Wrangelia argus</i>	sp34	,313	-,616
<i>Caulerpa fastigiata</i>	sp37	-,565	,139
<i>Cladophora vagabunda</i>	sp44	,451	-,595
<i>Ulva rigida</i>	sp45	,913	-,204
<i>Colponemia sinuosa</i>	sp47	-,674	-,336
<i>Dictyopteris delicatula</i>	sp48	,628	,435
<i>Dictyota menstrualis</i>	sp49	-,983	-,037
<i>Feldmannia irregularis</i>	sp50	-,818	-,023
<i>Hincksia mitchelliae</i>	sp51	-,861	-,070
<i>Padina gymnospora</i>	sp52	-,670	-,314

Tabela 3. (cont.)

Espécies	Abreviações	Correlações	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Ralfsia expansa</i>	sp53	-,431	-,074
<i>Sargassum furcatum</i>	sp54	-,573	,044
<i>Sargassum stenophyllum</i>	sp55	,983	,037
<i>Sphacelaria brachygona</i>	sp56	-,541	-,120
<i>Sphacelaria tribuloides</i>	sp57	-,544	-,108
Cyanobactéria	sp58	-,874	-,064

Nota: em negrito, valores de $r > 0,500$.

Análise qualitativa – grupos morfofuncionais

Os grupos morfofuncionais encontrados durante o estudo estão relacionados na tabela 4 e ilustrados na figura 7. Os táxons relativos às algas calcáreas incrustantes não foram identificados.

Os dois costões estudados apresentaram todos os grupos morfofuncionais, porém, exibiram diferenças quanto ao número de ocorrências durante o ano.

A Ponta da Sela caracterizou-se pela dominância das espécies do grupo filamentosas em todas as estações do ano. As espécies não-coriáceas e crostosas também apareceram em grande número (figura 8). O número de ocorrências das espécies não-coriáceas foi maior no inverno de 2003, decaindo no verão e estabilizando no outono e inverno de 2004. As espécies crostosas também apareceram em grande quantidade em todas as estações do ano. Pela mesma figura, também notamos que as espécies laminares apresentam maior ocorrência no inverno e na primavera de 2003, mostrando, portanto, uma variação de um ano para outro.

Na Praia das Cigarras, o grupo morfofuncional que ocorreu em maior número foi o das espécies não-coriáceas, seguido de filamentosas e crostosas. A predominância das não-coriáceas em todas as estações do ano, durante o estudo, pode ser observada na figura 9. Nos períodos de primavera e verão, as não-coriáceas dominaram juntamente com as filamentosas, notando-se uma discrepância menor entre estes dois grupos morfofuncionais do que a observada na Ponta da Sela.

Tabela 4. Grupos morfofuncionais das macroalgas, suas características e espécies examinadas.

Grupos Morfofuncionais	Morfologia externa	Morfologia interna	Textura	Espécies examinadas
Laminar	tubular fina e foliácea	não corticado, uma ou mais células espessas	macia	<i>Porphyra</i> sp, <i>Rhodymenia pseudopalmata</i> , <i>Ulva rígida</i> , <i>Colponemia sinuosa</i> , <i>Dictyopteris delicatula</i> , <i>Dictyota menstrualis</i>
Filamentoso	filamentos delicados, ramificados ou não	uniseriado, multiseriado ou ligeiramente corticado	macia	<i>Aglaothamnion felliponei</i> , <i>Asparagopsis taxiformis</i> , <i>Asteronema breviarticulatum</i> , <i>Bryocladia cuspidata</i> , <i>Bryocladia thyrsigera</i> , <i>Centroceras clavulatum</i> , <i>Ceramium brasiliens</i> , <i>Ceramium brevizonatum</i> , <i>Ceramium dawsonii</i> , <i>Ceramium tenerimum</i> , <i>Dasya brasiliensis</i> , <i>Herposiphonia secunda</i> , <i>Neosiphonia ferulacea</i> , <i>Ophidocladus simpliciusculus</i> , <i>Polysiphonia howei</i> , <i>Pterosiphonia pennata</i> , <i>Wrangelia argus</i> , <i>Bryopsis pennata</i> , <i>Caulerpa fastigiata</i> , <i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Caulerpa sertularioides</i> , <i>Chaetomorpha anteninna</i> , <i>Cladophora brasiliana</i> , <i>Cladophora corallicola</i> , <i>Cladophora prolifera</i> , <i>Cladophora vagabunda</i> , <i>Bachelotia antillarum</i> , <i>Feldmannia irregularis</i> , <i>Hincksia mitchelliae</i> , <i>Sphacelaria brachyгона</i> , <i>Sphacelaria tribuloides</i> , cianobactérias filamentosas
Carnoso-ramificado	talo ereto, ramificado, cilíndrico ou achatado	corticada	carnosa ou aramácea	<i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Chondracanthus teedei</i> , <i>Chondrophycus flagelliferus</i> , <i>Gelidiopsis variabilis</i> , <i>Gelidium floridanum</i> , <i>Gelidium pusillum</i> , <i>Gymnogongrus griffithsiae</i> , <i>Hypnea musciformis</i> , <i>Hypnea spinella</i> , <i>Laurencia filiformis</i>
Coriáceo	Lamina espessa, ramificado ou não	diferenciada, densamente corticada e paredes espessas	coriáceo	<i>Grateloupia filicina</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Sargassum furcatum</i> , <i>Sargassum stenophyllum</i>
Calcário articulado	calcárias articuladas e eretas	genículos calcificados, intergenículo flexível com fileiras de células paralelas	dura, rochosa	<i>Amphiroa anastomosans</i> , <i>Amphiroa beauvoisii</i> , <i>Corallina officinalis</i> , <i>Jania adhaerens</i> , <i>Jania crassa</i>
Crostoso	calcárias ou não, incrustante, prostrada	calcificado ou não, com fileiras de células paralelas ou unicelulares coloniais	áspera ou rochosa	<i>Peyssonnelia simulans</i> , Corallinaceae incrustante, <i>Ralfsia expansa</i> , Cianobactérias unicelulares

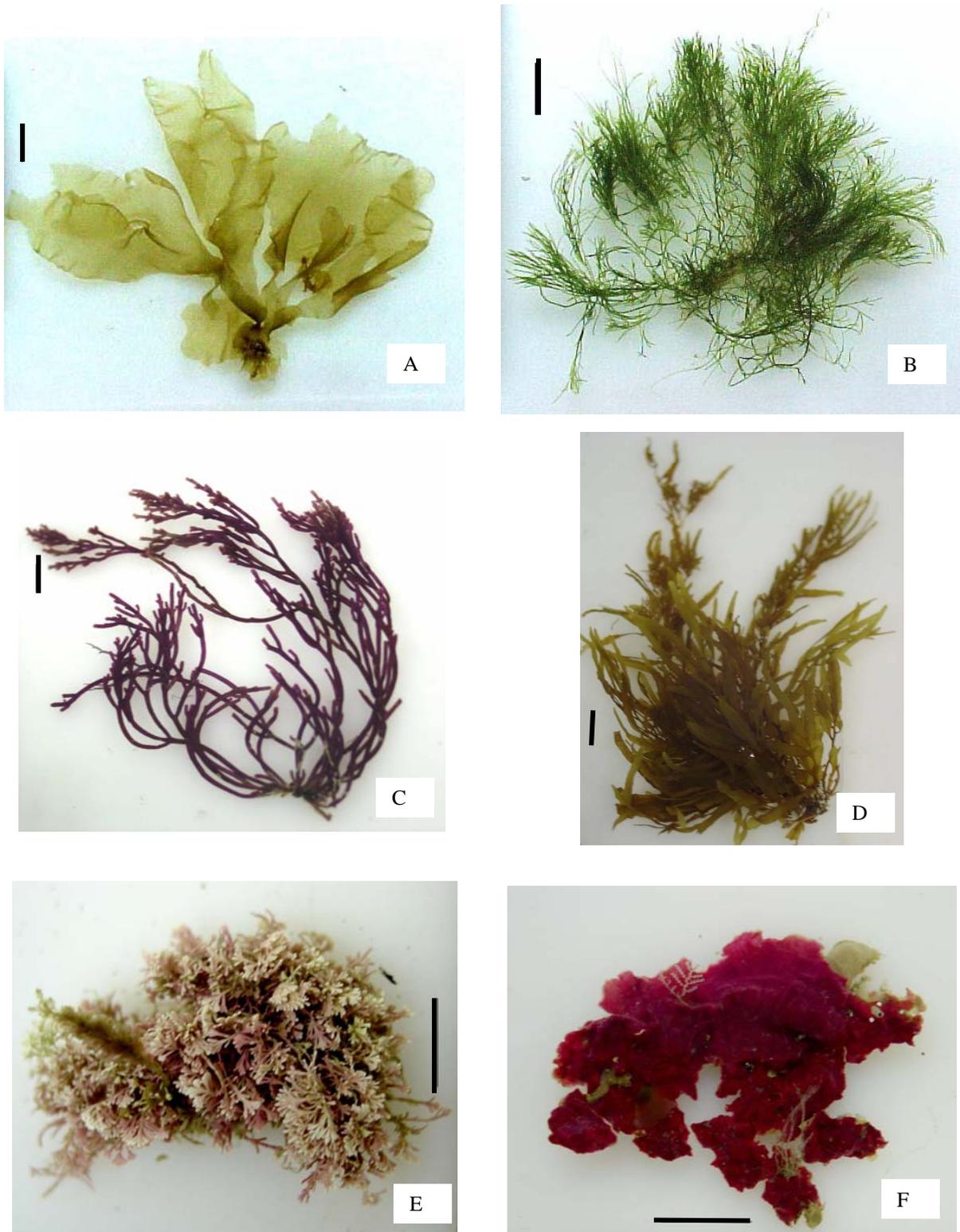


Figura 7. A-F. Exemplos de talos de algas em função dos grupos morfofuncionais. A. *Ulva rigida*, grupo laminar. B. *Caulerpa fastigiata*, grupo filamentosos. C. *Chondrophycus flagelliferus*, grupo carnoso-ramificado. D. *Sargassum stenophyllum*, grupo coriáceo. E. *Corallina officinalis*, grupo calcário articulado. F. *Peyssonnelia simulans*, grupo crostoso. Escalas: 1 cm.

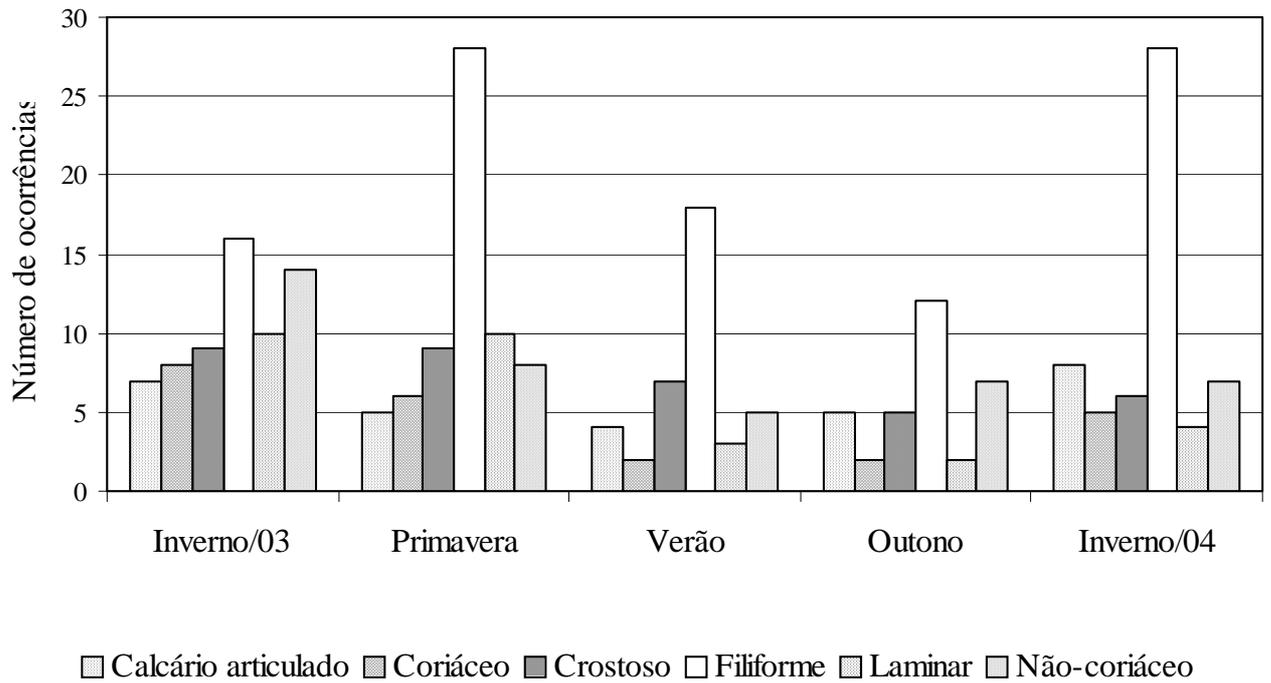


Figura 8. Número de ocorrências nas estações do ano dos grupos morfofuncionais na Ponta da Sela no período de agosto de 2003 a agosto de 2004.

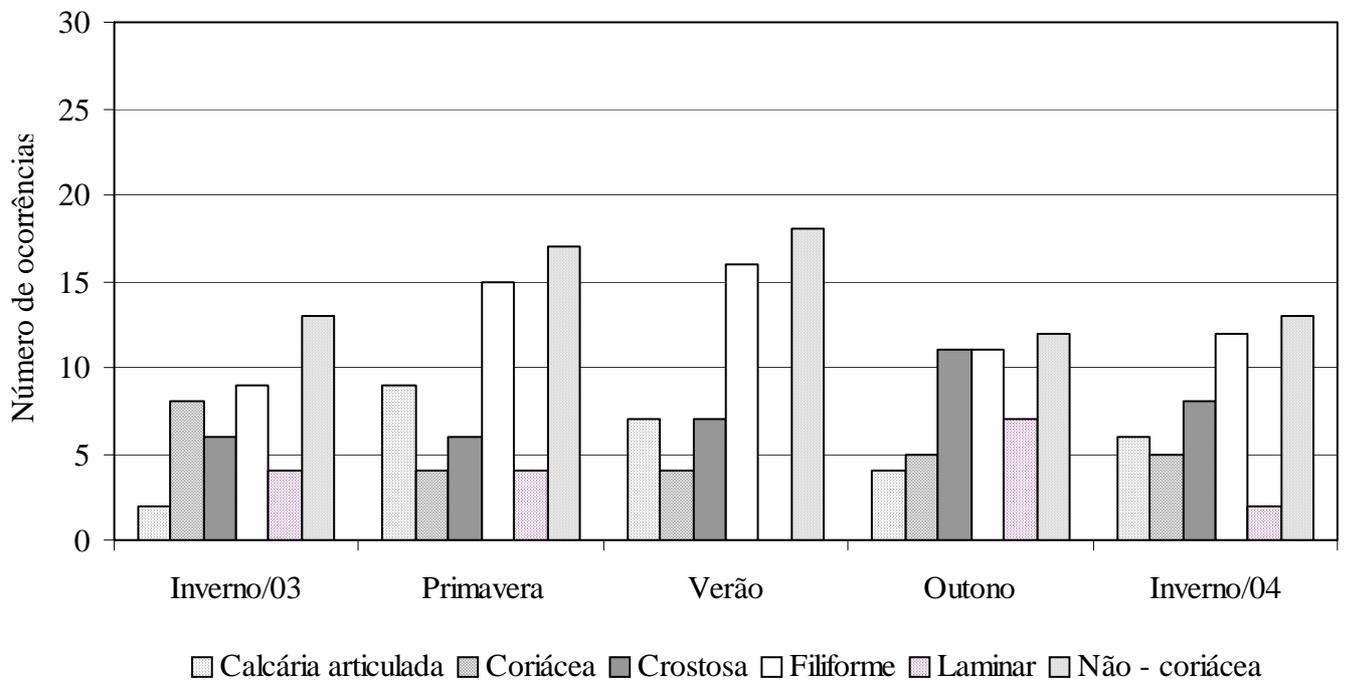


Figura 9. Número de ocorrências nas estações do ano dos grupos morfofuncionais na Praia das Cigarras no período de agosto de 2003 a agosto de 2004.

Em alguns períodos, como no outono de 2004, as espécies do grupo crostoso apresentaram ocorrência semelhante ao grupo filamentosos, o que difere bastante do que ocorreu na Ponta da Sela, onde o grupo filamentosos apresentou sempre um número maior de ocorrências.

Na figura 9, também se observa que as espécies do grupo calcáreo articulado apresentaram um aumento na primavera de 2003, decaindo em seguida. As espécies laminares não ocorreram nas amostragens de verão.

Análise quantitativa - grau de recobrimento das espécies

Análise de Componentes Principais (PCA)

A análise de ordenação foi utilizada aqui para testar a hipótese inicialmente formulada da existência de diferença no grau de recobrimento das espécies de algas entre os dois costões rochosos estudados e as estações do ano.

Os resultados foram obtidos com base na porcentagem de cobertura das espécies, em relação às estações amostrais, faixas do costão (superior e inferior) e estações do ano.

A representação gráfica da PCA (figura 10) mostra dois eixos de ordenação, sendo que o eixo 1, no plano horizontal, mostra a variável espacial, e o eixo 2, no plano vertical, a variável sazonal. A porcentagem de explicabilidade do eixo 1 foi de 52% e no eixo 2, de 13%.

A figura 11 mostra a existência de três grupos distintos, formados pelas unidades amostrais, que foram separadas espacial e sazonalmente. Os grupos 1 e 2 foram separados espacialmente, sendo que o primeiro é formado pelas unidades amostrais da Ponta da Sela, associadas ao lado positivo do eixo 1. O segundo, é formado pelas unidades amostrais da Praia das Cigarras, associadas ao lado negativo do eixo 1. O grupo três foi separado pela sazonalidade e é formado exclusivamente pelas unidades amostrais **Ssmar** e **Simar** e estão associados ao lado positivo do eixo 2.

As espécies *Jania adhaerens* (sp25), *Dictyota menstrualis* (sp49), *Feldmannia irregularis* (sp50) e *Padina gymnospora* (sp52) estão associadas significativamente ao lado positivo do eixo 1

(tabela 5), ocorrendo exclusivamente na Ponta da Sela. Em oposição, projetam-se para o lado negativo do eixo 1 as espécies *Corallina officinalis* (sp15), *Ulva rigida* (sp45) e *Sargassum stenophyllum* (sp55), as quais estão associadas significativamente com o eixo (tabela 5), ocorrendo exclusivamente na Praia das Cigarras.

O eixo 2 (figura 10) agrupa as espécies *Caulerpa racemosa* (sp38), *Hinckesia mitchelliae* (sp51) e Cyanobactéria (sp58), que estão associadas significativamente com as unidades amostrais posicionadas ao lado positivo do eixo, e as espécies *Laurencia filiformis* (sp27) e *Ralfsia expansa* (sp53) estão associadas significativamente com as unidades amostrais posicionadas com o lado negativo (tabela 5). *Caulerpa racemosa* (38), *Hinckesia mitchelliae* (sp51) e Cyanobacteria (sp58) estão significativamente associadas com as duas estações de amostragens, **Ssmar** e **Simar**. Esta análise pode indicar que o grau de recobrimento destas espécies apresenta distribuição sazonal.

Esta análise permitiu mostrar o efeito predominante da variação espacial na porcentagem de cobertura das espécies.

Espécies	Abreviações	Correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	sp5	,662	-,030
<i>Corallina officinalis</i>	sp15	-,734	-,024
<i>Gelidium floridanum</i>	sp18	-,585	-,221
<i>Hypnea spinella</i>	sp24	-,459	-,286
<i>Jania adhaerens</i>	sp25	,971	,008
<i>Laurencia filiformis</i>	sp27	,196	-,562
<i>Wrangelia argus</i>	sp34	-,430	,329
<i>Caulerpa racemosa</i>	sp38	,151	,672
<i>Ulva rigida</i>	sp45	-,745	-,169
<i>Colponemia sinuosa</i>	sp47	,529	-,185
<i>Dictyota menstrualis</i>	sp49	,915	-,110
<i>Feldmannia irregularis</i>	sp50	,814	-,366
<i>Hinckesia mitchelliae</i>	sp51	,179	,917
<i>Padina gymnospora</i>	sp52	,894	-,097
<i>Ralfsia expansa</i>	sp53	,371	-,531
<i>Sargassum stenophyllum</i>	sp55	-,871	-,188
Cyanobactéria	sp58	,311	,842

Nota: em negrito, valores de $r > 0,500$.

Análise quantitativa – grau de recobrimento dos grupos morfofuncionais

Análise de Variância (ANOVA)

Os grupos morfofuncionais laminar, filamentosos, crostosos, calcário articulado, coriáceo e carnosos ramificados foram analisados segundo as seguintes variáveis:

Variáveis-resposta:

- % de cobertura: porcentagem de cobertura de determinado grupo morfofuncional com relação aos 30 pontos de cada quadrado;
- N: número de quadrados em que determinado grupo foi encontrado;
- % ponderada: porcentagem calculada ponderando a “% de cobertura” pelo número de quadrados em relação ao total de quadrados de cada grupo.

Variáveis explicativas:

- Local (Cigarras e Sela);
- Estação do ano (inverno/03, primavera, verão, outono e inverno/04)

Em anexo, encontram-se as tabelas e figuras dos valores médios das porcentagens de cobertura encontrados nos quadrados, o número de quadrados em que cada grupo morfofuncional foi encontrado e a média ponderada correspondente.

Na tabela 6 observamos os resultados das Análises de Variância para os fatores de cada grupo morfofuncional. Houve diferença a 5% de significância, entre as quantidades encontradas nos locais Sela e Cigarras para os grupos laminar, filamentosos, coriáceo e carnosos-ramificados.

Para os grupos crostoso e calcário articulado os valores médios encontrados não foram significativamente diferentes em cada Local.

As médias das variáveis observadas quanto ao fator Estação do ano foram consideradas iguais em todos os casos, a 5% de significância.

Tabela 6. Níveis descritivos (P) dos testes da hipótese de que não há diferença entre as porcentagens médias ponderadas para os fatores Local e Estação do ano das variáveis resposta.

Variável	Fator	P (teste F)
Laminar	Local	0,000
	Estação do ano	0,049
Filamentosos	Local	0,000
	Estação do ano	0,075
Crostoso	Local	0,947

	Estação do ano	0,373
Calcário articulado	Local	0,666
	Estação do ano	0,163
Coriáceo	Local	0,000
	Estação do ano	0,171
Carnoso-ramificado	Local	0,030
	Estação do ano	0,213

Na tabela 7 temos os intervalos com 95% de confiança para a diferença média entre os locais Cigarras e Sela.

Para o grupo laminar e filamentoso a porcentagem ponderada populacional é maior em Sela, o que indica populações com porcentagem de cobertura significativamente maior. Dentre estes dois grupos a maior diferença ocorreu para o grupo filamentoso, onde o intervalo de confiança foi de 3 a 7 pontos percentuais.

Para o grupo coriáceo e carnosos-ramificado a porcentagem ponderada populacional é maior em Cigarras. Essa diferença é mais acentuada no grupo coriáceo, o qual apresentou intervalo de confiança de 3,5 a 6 pontos percentuais.

Tabela 7. Intervalos de confiança para a diferença entre os valores médios populacionais encontrados em Cigarras e Sela.

Sela – Cigarras	I.C. 95%
Laminar	(1,75 ; 4,75)
Filamentoso	(2,99 ; 7,59)
Coriáceo	(-6,08 ; -3,43)
Carnoso-ramificado	(-2,17 ; -0,11)

Para uma melhor interpretação dos resultados temos, na tabela 8, as razões entre os valores médios pontuais estimados em cada local em que foram detectadas diferenças.

Tabela 8. Estimativas pontuais para a razão entre as médias de % ponderada entre os locais considerados diferentes:

Cigarras/Sela	Estimativa pontual da Razão
Laminar	0,31
Filamentoso	0,21
Coriáceo	4,06
Carnoso-ramificado	1,41

Análise da disponibilidade de propágulos

No mês de março de 2004, na Ponta da Sela, foram observados propágulos de três táxons de algas verdes: *Ulva rigida* C. Agardh, *Enteromorpha* sp. e *Cladophora* sp. sendo que esta última ocorreu exclusivamente na Ponta da Sela (tabela 9). A maior densidade foi de *Enteromorpha* sp. (4,7 propágulos/300mL) seguida de *Cladophora* sp. e *U. rigida* (figura 11).

No mês de agosto de 2004, na Ponta da Sela, foram observados sete táxons: *U. rigida*, *Cladophora* sp., *Derbesia* sp., *Padina gymnospora* (Kütz.) Sond., *Feldmannia irregularis* (Kütz.) Hamel, *Asteronema breviarticulatum* (J. Agardh) Ouriques & Bouzon (tabela 10) e *Porphyra* sp. Destes, três são verdes, três pardas e uma vermelha. *Derbesia* sp., *Porphyra* sp., *P. gymnospora* e *Asteronema breviarticulatum* só ocorreram no inverno na Ponta da Sela. A maior densidade foi de *A. breviarticulatum* (18,2 propágulos/300mL), seguida de *U. rigida* (13,3 propágulos/300mL). Os demais táxons ocorreram em densidades menores que 2 propágulos/300mL (figura 12).

No mês de março de 2004, na Praia das Cigarras, foram observados propágulos de dois táxons de algas verdes: *U. rigida* e *Enteromorpha* sp. (tabela 9). A maior densidade foi de *U. rigida* (4,8 propágulos/300mL) (figura 13).

No mês de agosto de 2004, na Praia das Cigarras, foram observados propágulos de quatro táxons, três de verdes e uma de pardas, sendo que *Enteromorpha* sp. ocorreu somente no início do inverno, na Praia das Cigarras (tabela 10).

A maior densidade observada foi *U. rigida* (7,7 propágulos/300mL), os demais táxons apresentam ocorrência em densidades menores que 2 propágulos/300mL (figura 14).

É possível observar que no inverno, *U. rigida* apresentou maior densidade de propágulos na Ponta da Sela do que na Praia das Cigarras. De maneira geral, as amostras de água do mar de ambas as estações apresentaram um menor desenvolvimento de propágulos no verão em relação ao inverno.

Tabela 9. Táxons identificados em cultura a partir dos propágulos presentes na água do mar, nas duas estações de estudo, no período março de 2004.

Táxons	Sela	Cigarras
<i>Ulva rigida</i>	X	X
<i>Cladophora</i> sp.	X	
<i>Enteromorpha</i> sp.	X	X

Tabela 10. Táxons identificados em cultura a partir dos propágulos presentes na água do mar, nas duas estações de estudo, no período agosto de 2004.

Táxons	Sela	Cigarras
<i>Ulva rigida</i>	X	X
<i>P. gymnospora</i>	X	
<i>Derbesia</i> sp.	X	
<i>F. irregularis</i>	X	X
<i>A. breviarticulatum</i>	X	
<i>Porphyra</i> sp.	X	
<i>Cladophora</i> sp.	X	X
<i>Enteromorpha</i> sp.		X

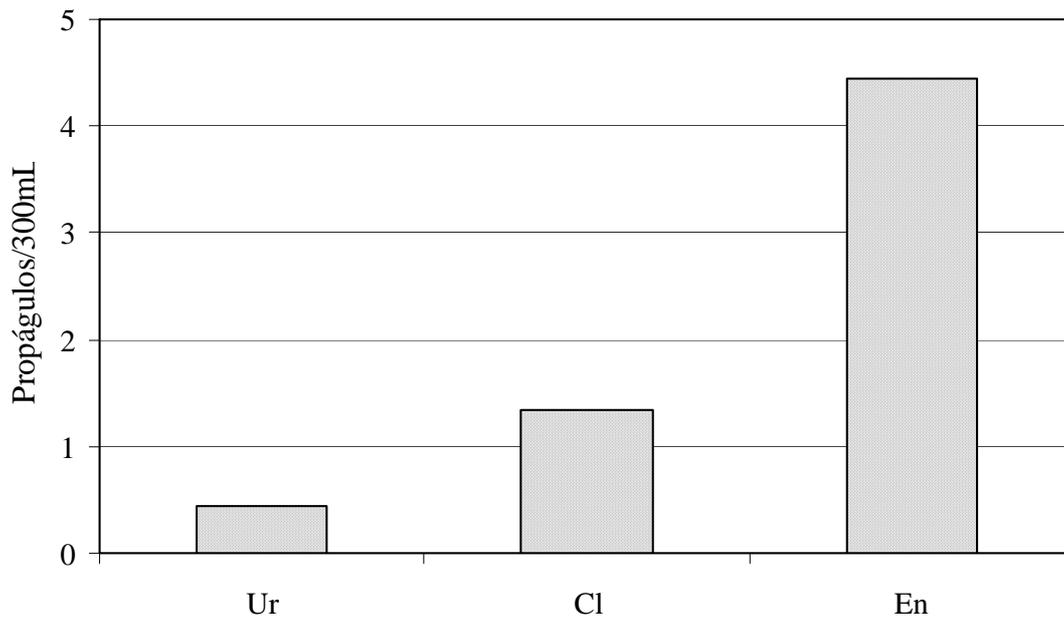


Figura 11. Densidade de propágulos observados na Ponta da Sela durante o verão de 2004. Ur - *Ulva rigida*, Cl - *Cladophora* sp. e En - *Enteromorpha* sp.

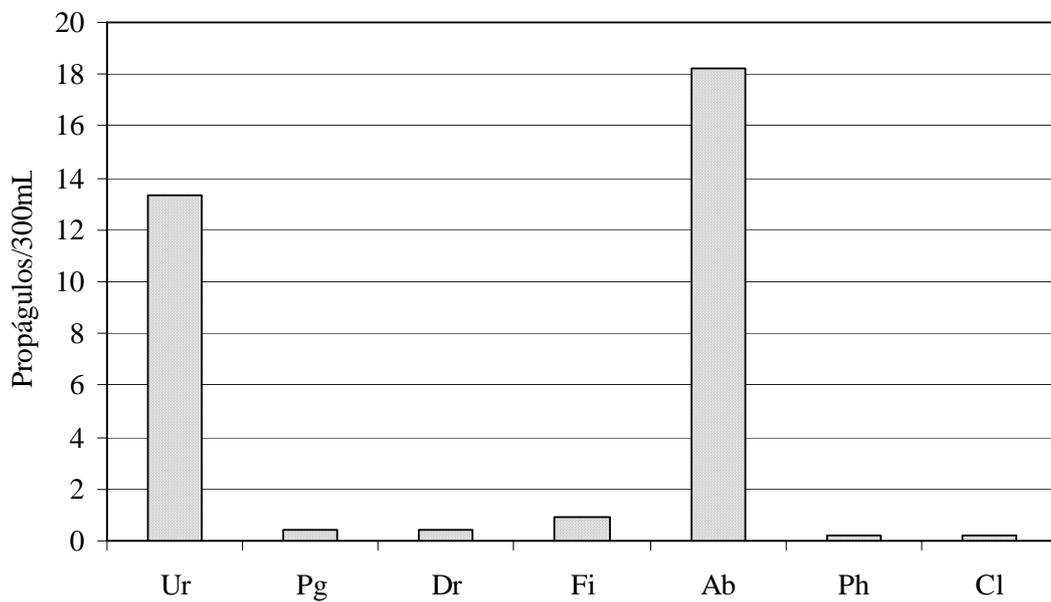


Figura 12. Densidade de propágulos observados na Ponta da Sela durante o inverno de 2004. Ur - *Ulva rigida*, Pg - *Padina gymnospora*, Dr - *Derbesia* sp., Fi - *Feldmania irregularis*, Ab - *Asteronema breviarticulatum*, Ph - *Porphyra* sp., Cl - *Cladophora* sp.

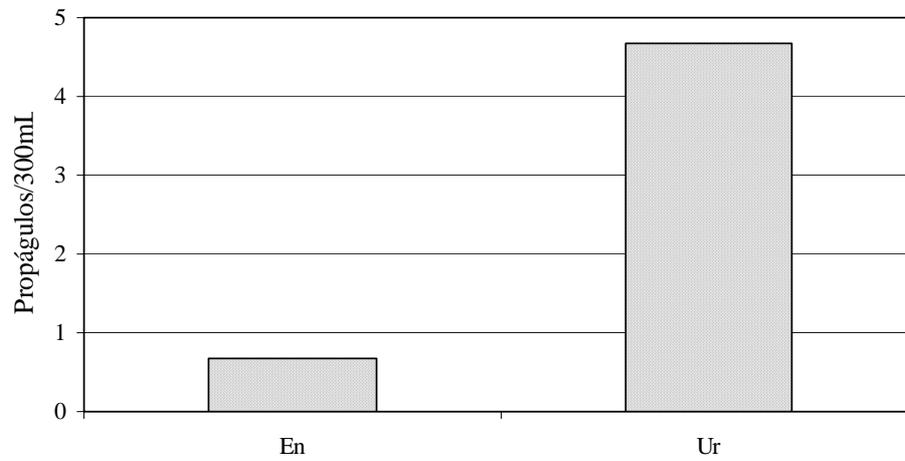


Figura 13. Densidade de propágulos observados na Praia das Cigarras durante o verão de 2004. En - *Enteromorpha* sp., Ur - *Ulva rigida*.

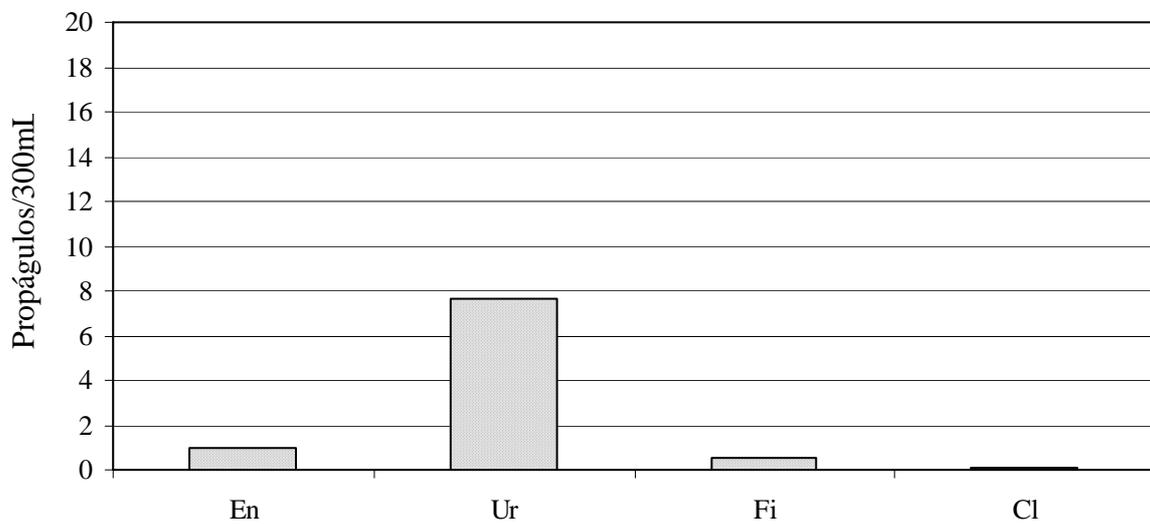


Figura 14. Densidade de propágulos observados na Praia das Cigarras durante o inverno de 2004. En - *Enteromorpha* sp., Ur - *Ulva rigida*, Fi - *Feldmania irregularis*, Cl - *Cladophora* sp.

Perfil do costão

O perfil do costão rochoso das duas estações de estudo foi caracterizado quanto a sua declividade, mostrando a distribuição dos organismos no período de inverno de 2004. Ponta da Sela apresentou um desnível médio de 1 m e a Praia das Cigarras 1,40 m, como pode ser visto nas figuras 15 e 16.

A amplitude de distribuição das espécies na região litorânea da Ponta da Sela é maior que na Praia das Cigarras, em virtude da menor declividade. Esta condição expõe a comunidade de algas a freqüentes situações de estresse ambiental, devido à maior exposição durante a maré baixa em decorrência de insolação e dessecação.

Vale lembrar que a composição da comunidade de algas da região litorânea da Ponta da Sela caracterizou-se pela formação de extensos tapetes, formados sobretudo por espécies filamentosas, tais como *Asteronema breviarticulatum*, *Hinckesia mitchelliae* e *Polysiphonia howei*. No limite inferior observa-se a presença de *Asparagopsis taxiformis*, cuja população estende-se para a região infralitorânea.

A Praia das Cigarras apresenta uma distribuição mais uniforme das espécies em geral ao longo da região litorânea. *Corallina officinalis* apresentou maior porcentagem de cobertura, sendo substituída no limite inferior por *Sargassum stenophyllum*.

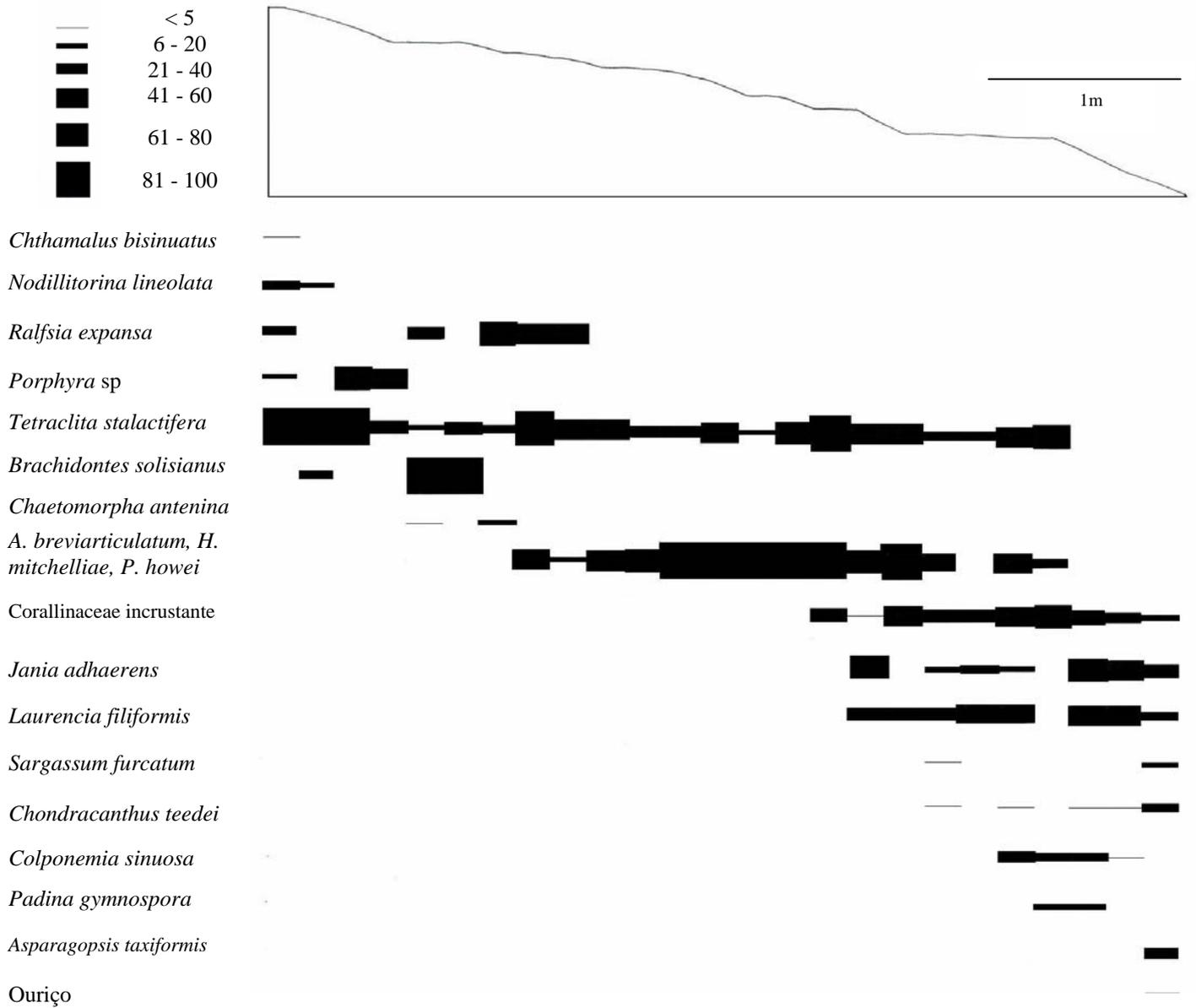


Figura 15. Perfil do costão, mostrando a distribuição dos principais organismos durante a primavera na Ponta da Sela.

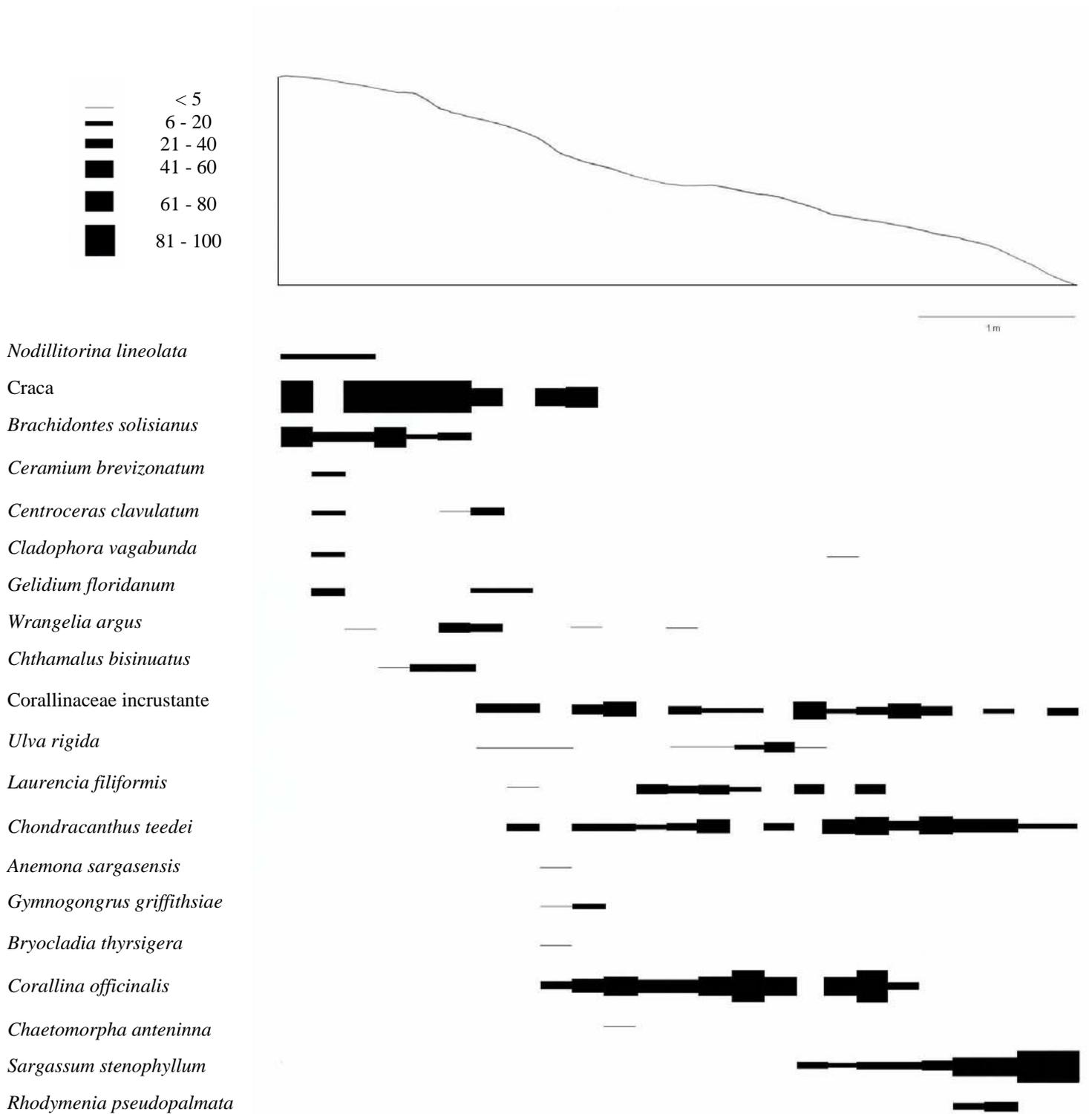


Figura 16. Perfil do costão, mostrando a distribuição dos principais organismos durante a primavera na Praia das Cigarras.

Discussão e conclusões

A presença de tapetes foi a principal característica da comunidade de algas da Ponta da Sela, estendendo-se por toda a região litorânea. Grande parte destas espécies formadoras de tapetes pertence ao grupo filamentoso, dando a este, como um todo, um aspecto também filamentoso, entremeado por outras formas.

Esta associação, por meio da compactação dos talos, está relacionada com a produtividade. As algas minimizam os custos energéticos através da redução da taxa da respiração e da fotossíntese (Irving & Connel 2002). Estudos têm mostrado, também, que os tapetes conferem às algas tolerância à herbivoria e à dessecação, como visto por Schonbeck & Norton (1980) e Mathieson (1982). Quando se desenvolvendo isoladamente, as algas oportunistas são mais susceptíveis à predação. O fato destas ocorrerem associadas formando tapetes na Ponta da Sela, sugere um provável mecanismo de defesa contra herbívoros (Littler & Littler 1981).

Na Ponta da Sela, as algas apresentam uma distribuição ampla na região litorânea, devido à pouca declividade do costão. Durante os períodos de maré baixa, uma grande área fica exposta e sujeita à dessecação, alta luminosidade e temperatura.

A falta de nutrientes e o grau de sedimentação também podem ser fatores que levam à formação de tapetes (Hay & Taylor 1984).

Em relação ao número de ocorrências dos grupos morfofuncionais, a comunidade da Ponta da Sela caracterizou-se pelo predomínio dos grupos filamentoso e carnosos-ramificados, seguidos pelo crostoso e laminar. Sob condições de distúrbios, as comunidades algais mostram redução na diversidade e um aumento de espécies oportunistas (Littler & Murray 1975, Littler 1979, Littler & Littler 1980, Steneck & Dethier 1994, Pupo 1996). Isto parece ter ocorrido na Sela, onde predominaram espécies filamentosas, que apresentam talos simples com alta taxa de crescimento e produtividade, tais como *Herposiphonia. secunda*, *Neosiphonia. ferulacea*, *Feldmania. irregularis*, *Hincksia mitchelliae*, *Sphacelaria brachygona* e *Sphacelaria tribuloides*.

De fato, o conceito de forma e função das algas (Littler & Littler 1983), utilizado neste estudo, ajuda a interpretar padrões de estabilidade e estresse das comunidades de algas.

Na análise de variância, com base nos dados de porcentagem de cobertura, a Ponta da Sela foi caracterizada pela presença de algas filamentosas e laminares. Pela análise das tabelas (em anexos) e das figuras apresentadas nos resultados, podemos concluir que, em média, foram encontradas três vezes mais ocorrências do grupo filamentoso e duas vezes mais ocorrências do grupo laminar em Sela do que em Cigarras.

Segundo Littler & Littler (1981), estudos mostram que a morfologia das espécies filamentosas e laminares estão relacionadas com uma maior taxa de produtividade primária.

No presente estudo, verificou-se que a Praia das Cigarras apresentou maior número de espécies em relação à Ponta da Sela.

Segundo as análises de PCA, com base nos dados de presença e ausência, as espécies *Aglaothamnion felliponei*, *Bryocladia cuspidata*, *Chondracanthus teedei*, *Chondrophycus flagelliferus*, *Corallina officinalis*, *Dictyopteris delicatula*, *Gelidiopsis variabilis*, *Hypnea musciformis*, *Peyssonnelia simulans*, *Sargassum stenophyllum* e *Ulva rigida* foram as que melhor caracterizaram a comunidade, diferenciando-a da Ponta da Sela. A maioria destas espécies dominantes apresentou ciclos de vida mais longos e crescimento lento – típicas de final de sucessão (Souza 1979) e indicam ambientes com alta produtividade (Littler & Littler 1984, Steneck & Dethier 1994). Figueiredo *et al.* (2004) também encontraram o mesmo padrão na região de Parati, sugerindo que a maior abundância de grupos morfofuncionais, com estrutura de talo mais complexa, ocorrem em ambientes com menor grau de distúrbios físicos ou biológicos.

Em relação ao número de ocorrências dos grupos morfofuncionais, a comunidade da Praia das Cigarras caracterizou-se pelo predomínio dos grupos carnosos-ramificados, seguido por filamentosos e crostosos.

A Praia das Cigarras mostrou ser menos afetada pela dessecação do que a Ponta da Sela. Isto se deve, sobretudo, à maior declividade do costão e uma menor amplitude de distribuição das algas na região litorânea, o que acarreta menor área da comunidade exposta à maré baixa. Outro fator que contribui para menor estresse por dessecação reside na existência de muitas reentrâncias no costão (Milanelli 2003). Estas, além de amenizarem os efeitos de dessecação, luz e temperatura, formam diferentes microhabitats, propiciando a colonização de uma diversidade maior de espécies, o que caracteriza a comunidade de algas das Cigarras.

A análise de variância, com base nos dados de porcentagem de cobertura, mostrou que a Praia das Cigarras é caracterizada pela ocorrência de espécies coriáceas e não-coriáceas. Pela análise dos resultados apresentados, podemos verificar que, em média, o grupo coriáceo foi encontrado três vezes mais e o grupo carnoso-ramificado, metade a mais em Cigarras do que em Sela.

Concluindo, em ambas as estações de estudo, apesar de haver uma tendência de sazonalidade na distribuição e diversidade das espécies, como foi visto durante o período de estudo, a sazonalidade não foi uma variável importante, uma vez que as análises estatísticas, tanto de PCA, quanto de ANOVA, não mostraram diferenças significativas na distribuição da maioria das espécies e dos grupos morfofuncionais.

Análise da disponibilidade de propágulos

As amostragens, ao longo das duas estações, como visto nas figuras e tabelas, mostrou a ocorrência de propágulos de algas oportunistas. Esta predominância sugere a importância que o tamanho do propágulo desempenha na mistura e na dispersão marginal, associado ao fluxo da água (Norton 1978, 1980, 1992, Pupo 1996).

Os resultados demonstram a ocorrência de baixa densidade de propágulos nas estações de amostragem, principalmente na época do verão, quando o número foi menor.

Os propágulos, tanto da Ponta da Sela como da Praia das Cigarras, caracterizaram-se pela presença de um maior número de algas verdes. No entanto, o número de propágulos de algas pardas aumentou na Sela durante o inverno, o que não foi verificado nas Cigarras.

De maneira geral, a Ponta da Sela apresentou maior densidade de propágulos em relação à Praia das Cigarras. Isto pode ser explicado pelo fato de, na Sela, ter predominado espécies oportunistas, principalmente do grupo filamentoso, tanto de algas verdes como pardas, o que refletiu numa maior disponibilidade de seus propágulos na coluna d'água. Do ponto de vista reprodutivo, as algas oportunistas caracterizam-se por apresentar elementos de reprodução de tamanho reduzido, favorecendo sua permanência na coluna d'água e em maior quantidade (Littler & Littler 1980, Clayton 1992). Ao contrário, nas Cigarras, o fato de ter predominado espécies sucessionais tardias, tais como, *Chondracanthus teedei*, *Bryocladia cuspidata*, *Chondrophycus flagelliferus*, *Dictyopteris delicatula*, *Gelidiopsis variabilis*, *Hypnea musciformis*, *Peyssonnelia simulans* e *Sargassum stenophyllum*, refletiu numa menor disponibilidade de propágulos, uma vez que estes permanecem menor tempo em suspensão.

Perfil do Costão

O grau de inclinação, a ação das ondas e ventos, o gradiente de dessecação e o tipo de substrato são aspectos importantes tanto na distribuição das algas como na abundância (Lewis 1964, 1968, Morton & Miller 1967, Ricketts *et al.* 1968, Stephenson & Stephenson 1972, Dayton 1975).

Os perfis dos costões rochosos indicaram maior declividade na região litorânea da Praia das Cigarras do que na Ponta da Sela. A menor declividade na Ponta da Sela propiciou uma ampla distribuição das algas, devido a um maior alcance da água durante a maré alta. Por outro lado, esta ampla distribuição expõe as algas a condições de estresse durante a maré baixa, tais como insolação, temperatura e dessecação. Para suportar estas condições as algas compactam-se formando tapetes (Littler *et al.* 1983).

A comunidade de algas da Praia das Cigarras, por ocorrer numa faixa mais restrita da região litorânea, está menos sujeita aos estresses físicos causados pela exposição na maré baixa. A ocorrência de formas variadas de talo incluindo foliáceas, carnosas-ramificadas, grande parte delas espécies sucessionais tardias, demonstra que este ambiente é mais estável.

Literatura citada

- Aidar, E. & Mesquita, H.S.L.** 1993. Oceanografia biológica: fitobioensaios. *In*: Ikeda Y.; Giannini, R., Coords. Levantamento oceanográfico da area diretamente afetada por efluentes dos emissários submarinhos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, Estado de São Paulo. Relatório parcial, São Paulo, FUNDESPA/IOUSP. pp. 194-216.
- Amado Filho, G.M.** 1991. Algas marinhas bentônicas no litoral de Saquarema a Itacoatiara (RJ). Tese de Mestrado, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 323 p.
- Amado Filho, G.M., Barreto, M.B.B.B., Marins B.V., Felix, C. & Reis, R.P.** 2003. Estrutura das comunidades fitobentônicas do infralitoral da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 329-342.
- Barreto, M.B.B. & Yoneshigue-Valentin, Y.** 2001. Aspectos morfológicos do gênero *Ceramium* Roth (Ceramiacea, Rhodophyta) no estado do Rio de Janeiro. *Hoehnea* 28: 77-110.
- Berchez, F.A.S.** 1985. Aspectos da ecologia e biologia da alga agarófita *Pterocladia capillacea* (Rhodophyta Gelidiaceae). Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 130 p.
- Bussab, W.O. & Morettin, P.A.** (2005). *Estatística Básica*. 5ª Edição. São Paulo: Saraiva, 526 p.
- CETESB** 2005. (15/09/2005). Disponível na World Wide Web: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/balneabilidade.asp>>.
- Clayton, M.N.** 1992. Propagules of marine macroalgae: structure and development. *British Phycological Journal* 27: 219-232.
- Coimbra, C.S.** 1998. Caracterização ecológica das comunidades bentônicas da região entre-marés no costão da Praia do Itaguá, Ubatuba, São Paulo. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, 136 p.
- Connell, J.H.** 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Annual Review of Ecology and Systematics* 3: 169-192.

- Costa, H.R.** 1962. Note preliminaire sur les peuplements intercotidaux de substrat dur du littoral de Rio de Janeiro. *Recueil de Travaux de la Station Marine d'Endoume* 27: 197-207.
- Coutinho, R.** 1995. Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *In*: F. A. Esteves (ed.), *Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros*, Oecologia Brasiliensis, Programa de Pós-Graduação em Ecologia – UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 259-271.
- Coutinho, R.** 2002. Bentos de Costões Rochosos. *In*: *Biologia Marinha*. R.C. Pereira & A. Soares-Gomes. Rio de Janeiro. Editora Interciência Ltda., pp. 147-157.
- Dayton, P.K.** 1975. Experimental studies of algal canopy interactions in a sea-otter dominated kelp community at Amchitka Island, Alaska. *Fishery Bulletin* 73: 230-237.
- Dring, M.J.** 1986. *The biology of marine plants*. Baltimore Edward Arnold Publishers Ltda., 190 p.
- Edwards, P.** 1970. Illustrated guide to seaweeds and sea grasses in the vicinity of Porto Aransas, Texas. *Contributions to Marine Science* 15: 1-228.
- Eston, V. R.** 1987. Avaliação experimental da dominância ecológica em uma comunidade de macroalgas do infralitoral rochoso (Ubatuba, SP, Brasil). São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 129 p.
- Eston, V.R., Braga, M.R.A., Cordeiro-Marinho, M. Fujii, M.T. & Yokoya, N.S.** 1992. Macroalgal colonization patterns on artificial substrates inside southeastern brazilian mangroves. *Aquatic Botany* 42: 315-325.
- Faccini, A.L.** 1998. Ecologia e manejo de um banco natural de *Hypnea musciformes* (Rhodophyta, Gigartinales) no litoral Norte do Estado de São Paulo. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 87 p.
- Falcão, C.** 2003. Efeitos dos hidrocarbonetos em comunidades do mediolitoral e teste de viabilidade de biorremediadores em derrames de petróleo. Experimentos *in situ* – Angra dos Reis – RJ. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 118 p.

- Figueiredo, M.A.O., Barreto, M.B.B. & Reis, R.P.** 2004. Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Parati, RJ – subsídios para futuros monitoramentos. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 11-17.
- Furtado, V.V.** 1978. Contribuição ao estudo da sedimentação atual do Canal de São Sebastião - Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 123 p.
- Furtado, V.V., Bonetti-Filho, J., Rodrigues & M., Barcellos** 1998. Aspectos da sedimentação no Canal de São Sebastião. *Relatório Técnico do Instituto Oceanográfico* 43: 15-31.
- Gaines, S.D. & Lubchenco, J.** 1982. A unified approach to marine plant-herbivore interactions. II. Biogeography. *Annual Review Ecology Systematic* 13: 111-138.
- Guimaraens, M.A. & Coutinho, R.** 1996. Spatial and temporal variation of benthic marine algal at the Cabo Frio upwelling region, Rio de Janeiro, Brazil. *Aquatic Botany* 52:283-299.
- Guimaraens, M.A., Coimbra, C.A. & Coutinho, R.** 1996. Modeling competition between *Laurencia obtusa* (Ceramiales, Rhodophyta) and *Hypnea spinella* (Gigartinales, Rhodophyta) at Cabo Frio Island, Rio de Janeiro, Brazil. *Hidrobiologia* 327: 273-276.
- Guimarães, S.M.P.B., Fujii, M.T., Pupo, D. & Yokoya, N.** 2004. Reavaliação das características morfológicas e suas implicações taxonômicas no gênero *Polysiphonia sensu lato* (Ceramiales, Rhodophyta) do litoral dos estados de São Paulo e Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 163-183.
- Hanisak, M.D.** 1988. Significanc of macroalgal polymorphism: intraspecific test of the functional-form model. *Marine Biology* 99: 157-165.
- Hanisak, M.D., Littler, M.M. & Littler, D.S.** 1990. Application of the functional-form model to the culture of seaweeds. *Hydrobiologia* 204/205: 73-77.
- Hay, M.E.** 1981. The functional morphology of turf forming seaweeds: persistence in stressful marine habitats. *Ecology* 62: 739-750.

- Horta, P.A.** 2000. Macroalgas do infralitoral do sul e sudeste do Brasil: taxonomia e biogeografia. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 301 p.
- Irving, A.D. & Connel, S.D.** 2002. Interactive effects of sedimentation and microtopography on the abundance of subtidal turf-forming algae. *Phycologia* 41: 517-522.
- Joly, A.B.** 1957. Contribuição ao conhecimento da flora fisiológica marinha da baía de Santos e arredore. *Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade de São Paulo*, 14: 1-169.
- Joly, A.B.** 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade de São Paulo*, 294 (Bot.) 21: 1-393.
- Jones, W.E.** 1980. Field teaching methods in shore ecology. *In*: J.H. Price, D.E.G. Irvine, W.F. Farnham (eds.). *The shore environment. Systematics Association Special Volume*, v. 17. Academic Press, London, pp. 19-44.
- Lewin, J.R.** 1966. Silicon metabolism in diatoms. V. Germanium dioxide, a specific inhibitor of diatom grow. *Phycologia* 6: 1-12.
- Lewis, J.R.** 1964. *The Ecology of rocky Shores*. London. English University Press., 323p.
- Lewis, J.R.** 1968. Water movements and their role in rocky shore ecology. 2nd Symposium Marine Biology. *Sarsia* 34: 13-36.
- Lima, S.N.P** 2001. Aspectos da herbivoria em área de maricultura da praia do Itagua, Ubatuba, São Paulo. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 89 p.
- Littler, M.M.** 1979. The effects of bottle volume, thallus weight, oxygen saturation levels, and water movement on apparent photosynthetic rates in marine algae. *Aquatic Botany* 7:21-34.
- Littler, M.M.** 1981. The relationship between thallus form and primary productivity of seaweeds. *Proceedings of the International Seaweed Symposium* 8: 398-403.

- Littler, M.M. & Arnold, K.E.** 1980. Sources of variability in macroalgal primary productivity: sampling and interpretive problems. *Aquatic Botany* 8: 141-156.
- Littler, M.M. & Littler, D.S.** 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of functional form model. *American Naturalist* 116: 25-44.
- Littler, M.M., Littler, D.S. & Taylor P.R.** 1983. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: Functional-form groups of marine macroalgae. *Journal of Phycology* 19: 229-237.
- Littler, M.M. & Littler D.S.** 1985. *Ecological Field Methods: Macroalgae*. Cambridge, Cambridge, University Press., 143 p.
- Littler, M.M. & Murray S,N.** 1975. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Marine Biology* 30: 277-291.
- Machado, K.R.S.** 1991. The role of post-settlement, predation and competition in a tropical intertidal region at Praia Rasa, Búzios – Rio de Janeiro, Brasil. Master of Science at Dalhousie University Halifax, Nova Scotia, Canada, 102 p.
- Machado, K.R.S, Chapman, A.R.O & Coutinho, R.** 1992. Patch Structure in a tropical rocky shore community in Brazil: a mosaic of successional states? *Ophelia* 35: 187-195.
- Mathieson, A.C.** 1982. Physical ecology of brown alga *Phaeostrophion irregulare* Setchel et Gardner: Juvenile plants. *Botanica Marina* 25: 87-91.
- McCune, B. & Mefford, J.J.** 1997. PC-ord. Multivariate analysis of ecological data, version 3.0 Oreon MjM Software Design, 47 p.
- Milanelli, J.C.C.** 2003. Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião – São Paulo. Dissertação de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 293 p.
- Morton, J.M. & Miller, M.M.** 1967. *The New Zeland seashore*. Collins, London. 635 p.

- Moura, C.W.N.** 2000. Coralináceas com genículo (Rhodophyta, Corallinales) do litoral do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 264 p.
- Nam, K.W.** 1999. Morphology of *Chondrophyucus undulata* and *C. parvipapillata* and its implications for the taxonomy of the Laurencia (Ceramiales, Rhodophyta). *Complex. European Journal of Phycology* 34: 455-468.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtshein, C. J. & Wasserman, W.** 1996. *Applied Linear Statistical Models*. 4th ed. Irwin, 1408 p.
- Nonato, E. & Pérès, J.M.** 1961. Observation sur quelques peuplements intertidaux de substrat dur dans la region d'Ubatuba (Etat Spaulo). *Cahiers du Biologie Marine* 2: 263-270.
- Norton, T.A.,** 1978. The factors influencing the distribution of *Sacchorhiza polyschides* in the region of Lough Ine. *Journal of Marine Biology Association U.K.* 58: 527-536.
- Norton, T.A.,** 1980. Sink, swim or stick: the fate of *Sargassum muticum* propagules. *British Phycological Journal* 15: 197-198.
- Norton, T.A.,** 1992. Dispersal by macroalgae. *British Phycological Journal* 27: 293-301.
- Oliveira, L.** 1947. Distribuição geográfica da fauna e da flora da Baía de Guanabara. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 45: 709-735.
- Oliveira, L.** 1951. Nota prévia sobre a fauna e flora marinha bentônica da Ilha de Trindade. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 49: 443-456.
- Oliveira Filho, E.C.** 1976. Deep water marine algae from Espírito Santo State (Brazil). *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 4: 73-80.
- Oliveira Filho, E.C. & Berchez, F.A.S.** 1978. Algas marinhas bentônicas na Baía de Santos – alterações da flora no período de 1957 – 1978. *Boletim de Botânica* 6: 49-59.
- Oliveira Filho, E.C. & Mayal, E.M.** 1976. Seasonal distribution of intertidal organisms at Ubatuba, São Paulo (Brazil). *Revista Brasileira de Biologia* 36: 305-316.

- Oliveira Filho, E. C. & Paula, E.J.** 1983. Aspectos da distribuição vertical e variação sazonal de comunidade na zona das marés em costões rochosos do litoral norte do estado de São Paulo. Anais do Primeiro Encontro de Macrófitas Marinhas. Instituto de Pesquisas da Marinha. Arraial do Cabo, pp. 44-61.
- Paula, E.J.** 1987. O gênero *Sargassum* C. Ag. (Phaeophyta- Fucales) no litoral do Estados de São Paulo, Brasil. Boletim de Botânica 10: 65-118.
- Paula, E.J. & Eston V.R** 1989. Secondary succession on an exposed rocky intertidal algal community of State of the São Paulo, Brasil. Boletim de Botânica 11: 1-9.
- Pupo, D.** 1996. Variação espacial e temporal dos propágulos de macroalgas marinhas e sua relação com o recrutamento na região de Arraial do Cabo e adjacências, RJ. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 280 p.
- Rawitscher, F.K.** 1944. Algumas noções sobre a vegetação do litoral brasileiro. Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros 4: 13-28.
- Ricketts, E.F., Calvin, J. & Hedgpeth, J.W.** 1968. Between Pacific tides. 4th ed. Stanford Univ. Press, Stanford, Califórnia, 614 p.
- Rosenberg, G. & Ramus, J.** 1984. Uptake of inorganic nitrogen and seaweed surface area: volume ratios. Aquatic Botany 19: 65-72.
- Rosso, S.** 1990. Estrutura de comunidades intermareais de substrato consolidado das proximidades da Baía de Santos (São Paulo, Brasil): uma abordagem descritiva enfatizando aspectos metodológicos. São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 217 p.
- Sentíes, G.A. & Fujii, M.T.** 2002. Taxonomia do complexo *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) do Brasil, com ênfase nas espécies dos estados de São Paulo e do Espírito Santo. *In*: A . Sentíes G. and K.M. Dreckmann (eds.) Monografias Fisiológicas. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, pp 119-192.

- Santos, D. P.** 1983. Clorofíceas bentônicas marinhas do estado de Santa Catarina. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 166 p.
- Seapy, R.R. & Littler, M.M** 1982. Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. *Marine Biology.*, 71: 87-96.
- Stephenson, T. A. & Stephenson, A.** 1972. Life between tidemarks on rocky shoers. W.H. Freeman, San Francisco, 425 p.
- Steneck, R.S. & Dethier, M.N.** 1990. A functional group approach to the structure of alga-dominated communities. *Oikos* 69: 476-498.
- Schonbeck, M.W. & Norton, T.A.** 1980. Factors controlling the lower limits of furoid algae on the shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 43: 131-150.
- Silva, L. dos S., Miranda, L.B. & Castro B.M.** 2001. Relatório do Projeto da Plataforma Interna de São Sebastião (OPISS) Subprograma Oceanografia Física. Relatórios Técnicos do Instituto Oceanográfico 47: 1-31.
- Sousa, W.P.** 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecology Monographs* 49: 227-254.
- Széchy, M.T.M. de** 1996. Estrutura de Bancos de *Sargassum* (Phaeophyta-Fucales) do litoral dos Estados do Rio Janeiro e São Paulo. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 186 p.
- Ugadim, Y.** 1973a. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. I-Divisão Chlorophyta. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 1: 11-77.
- Ugadim, Y.** 1973b. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. II-Divisão Phaeophyta. *Portugaliae Acta biologica* 12: 69-131.
- Ugadim, Y.** 1973c. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. III-Divisão Rhodophyta (3) *Ceramium* (Ceramiaceae- Ceramiales). *Boletim zoologia e Biologia Marinha* 30: 691-712.

- Ugadm, Y.** 1974. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. III-Divisão Rhodophyta (1) Goniotrichales, Bangiales, Nemalionales e Gelidiales. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 2: 93-137.
- Ugadm, Y.** 1975. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná.. III-Divisão Rhodophyta (2) Cryptonemiales, Gigartinales e Rhodymeniales. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 3: 115-163.
- Ugadm, Y.** 1976. Ceramiales do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná (Brasil). Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 4: 133-172.
- Underwood, A. J.** 1997. Experiments in Ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge, Cambridge University Press, 504p.
- Valentin, J.L.** 2000. Numérica: Uma Introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 117 p.
- Wynne, M.J.** 1998. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: first revision. Nova Hedwigia 116: 1-155.
- Yoneshigue, Y.** 1985. Taxonomie et Ecologie des Algues Marines dans la région de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brésil). Tese de Doutorado, Univ. d'Aix- Marseille, France, 454 p.
- Yoneshigue-Valentin & Valentin J.L.** 1992. Macroalgae of the Cabo Frio upwelling region, Brasil : ordination of communities. *In*: U. Seeliger (ed.), Coastal Plant Communities of Latin America, Academic Press, Inc. San Diego, pp. 31-50.

Artigo 2

Detecção de hidrocarbonetos de petróleo em macroalgas e na água do mar do Canal de São Sebastião, SP, Brasil

Valeska De Laquila¹, Luciana Retz de Carvalho¹ e Diclá Pupo¹

¹Seção de Ficologia, Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, 01061-970 São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO - (Detecção de hidrocarbonetos de petróleo em macroalgas e na água do mar do Canal de São Sebastião, SP, Brasil) A presença de hidrocarbonetos de petróleo na água do mar e em algas selecionadas foi analisada em duas comunidades costeiras do Canal de São Sebastião, constantemente submetido à ação dos poluentes de petróleo. O estudo teve por objetivo determinar se as algas podem ser utilizadas no monitoramento de ecossistemas marinhos, como bioindicadoras de contaminação por petróleo. Os n-alcenos foram escolhidos como marcadores. As amostragens foram sazonais, da primavera de 2003 ao inverno de 2004, na Praia das Cigarras, São Sebastião e na Ponta da Sela, Ilhabela. As amostras de algas foram submetidas à extração e as de água à partição com n-hexano. As fases hexânicas foram concentradas a vácuo e analisadas por cromatografia gasosa, seguida por espectroscopia de massas. As amostras mostraram presença de n-alcenos, dentre outros hidrocarbonetos característicos de petróleo. Maior diversidade foi observada nas coralináceas, tais como *Jania adhaerens* J. V. Lamour. e *Corallina officinalis* L. Em *Laurencia filiformis* (C. Agardh) Mont. e em *Sargassum* spp., a diversidade foi acentuadamente menor. Pode-se afirmar que as algas coralináceas mostram-se adequadas para exercerem o papel de bioindicadoras de poluição por petróleo.

Palavras-chave: algas marinhas, bioindicadores, n-alcenos, poluição marinha

ABSTRACT - (Detection of oil hydrocarbons in macroalgae and in the marine water of the Canal de São Sebastião, SP, Brazil) The presence of oil hydrocarbons in the marine water and in selected algae was analysed at two coastal communities of Canal de São Sebastião, constantly submitted to the action of oil pollutants. The study had the purpose to determine if algae can be utilized in marine ecosystem monitoring, as bioindicators of oil contamination. N-alkanes were chosen as markers. Samplings were seasonal, from Spring 2003 to Winter 2004, at Praia das Cigarras, São Sebastião, and Ponta da Sela, Ilhabela. The algae samples were submitted to extraction, and those of water to partition with n-hexane. Hexanic phases were concentrated by vacuum and analyzed by gas chromatography, followed by mass spectroscopy. All samples showed presence of n-alkanes, from among other characteristic oil hydrocarbons. Higher diversity was observed in corallines, such as

Jania adhaerens J. V. Lamour. and *Corallina officinalis* L. In *Laurencia filiformis* (C. Agardh) Mont. and *Sargassum* spp., the diversity was markedly low. It can be asserted the coralline algae show to be adequated to exert an oil pollution bioindicator role.

Palavras-chave: algas marinhas, bioindicadores, n-alcanos, poluição marinha

Introdução

A observação de que algas continentais e marinhas reagem ao estado trófico de seu habitat permitiu que, a partir da metade do século passado, fossem utilizadas como indicadores de água limpas ou poluídas (Trainor 1984, Rocha 1992).

A subsequente constatação de que acumulam as substâncias presentes em seu ambiente mostrou que as algas podiam ser consideradas verdadeiros monitores de amostragem contínua do seu meio (Shubert 1984, Cordeiro-Marino 1992).

O acúmulo dos contaminantes da água por células algáceas ocorre por diversos processos: substâncias metabolicamente ativas comportam-se como nutrientes ou minerais essenciais e são transportadas através da membrana celular, passando a fazer parte do processo bioquímico, como ocorre com os pesticidas fosforados e clorados, determinados hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos e as bifenilas policloradas (Boyle 1984). Compostos poluentes também podem ser quelados por polímeros sintetizados pelas algas, caso dos florotaninos, que ficam contidos em vesículas e que podem quelar íons de metais pesados (Ragan 1985). Metais pesados, cádmio e cobre também podem ser simplesmente sorvidos pela matéria orgânica que constitui o talo da alga (Whitton 1984, Lacerda 1992).

Em determinados casos de adsorção, após a ligação do contaminante a um sítio reativo, pode ocorrer a degradação do composto a uma forma menos danosa, como observado no pesticida 2,4 – D (diazinon) (Pipe & Shubert 1984).

Do exposto, podemos observar que os contaminantes presentes em um ambiente podem agir sobre os processos bioquímicos e celulares das algas, influenciando seu crescimento e produção; entretanto também podem ter seus efeitos nocivos minimizados quando são sorvidos ou parcialmente degradados pelas algas.

A propriedade das algas acumularem substâncias vem sendo bastante utilizada em diversos trabalhos sobre poluição de águas, especialmente por esgotos industriais e domésticos (Cheevaporn *et al.* 2003) e por petróleo (Marchand 1980, Furtado *et al.* 1987, Bokn 1984, Bícigo & Weber 1986,

Braga 1990, Zanardi 1996, Zanardi *et al.* 1999, Wang *et al.* 2002, Cunningham *et al.* 2003, Khalaf *et al.* 2004).

O petróleo, cujos resíduos encontram-se largamente distribuídos no meio ambiente (Megharaj *et al.* 2000), é constituído por uma mistura bastante complexa de aproximadamente 98% de hidrocarbonetos (HCs), enxofre, nitrogênio e oxigênio, além de traços de metais como vanádio, níquel, sódio, cálcio, cobre e urânio (Zanardi *et al.* 1999). Hidrocarbonetos são compostos orgânicos que contêm somente dois elementos: hidrogênio e carbono. Com base em sua estrutura, os hidrocarbonetos são divididos em duas classes, a dos alifáticos e a dos aromáticos. Os hidrocarbonetos alifáticos, por sua vez, são divididos em famílias: alcanos, alcenos, alcinos e seus homólogos cíclicos (Morrison & Boyd 1990). A mistura de alcanos existente no petróleo é formada por moléculas cujas cadeias têm de 1 a 30 ou 40 átomos de carbono (Bícego 1998, Arnalot 2002).

Os hidrocarbonetos alifáticos também estão presentes em algas marinhas, onde sua função ainda não foi esclarecida. Formam um conjunto constituído majoritariamente por alcenos, sendo muito pequena a contribuição dos n-alcanos, alcanos ramificados e alcanos e alcenos cíclicos, para o grupo (Thurman 1985).

Com relação aos n-alcanos de macroalgas marinhas, suas cadeias variam de C₁₇ a C₂₁ e têm sempre número ímpar de carbonos, diferindo, portanto dos n-alcanos de petróleo, cujas cadeias podem ter número par ou ímpar de carbonos (Youngblood *et al.* 1971, Chikaraishi & Naraoka 2003).

Algumas outras características das macroalgas marinhas têm que ser consideradas, quando analisamos sua utilização como bioindicadores: a maior parte das algas marinhas tem ciclo de vida anual, o que significa que fornecem informações de seu ambiente a respeito de um período bem definido. Entretanto, existem espécies perenes que podem dar informações sobre a qualidade da água, por um período maior (Littler & Littler 1980).

Outro ponto a ser apreciado é que algumas espécies têm os seus talos impregnados por carbonato de cálcio, o que pode favorecer o acúmulo de poluentes, devido à natureza iônica dos sais.

Com relação aos estudos sobre os efeitos poluentes do petróleo sobre algas, no ambiente terrestre foi observada alteração na composição das espécies, com eliminação das mais sensíveis (Megharaj *et al.* 2000); no ambiente marinho, a associação dos hidrocarbonetos às algas determina a quebra do metabolismo celular, reduz a camada de difusão, diminui a penetração de luz na planta e conseqüentemente a fotossíntese (Schramm 1972, O'Brien & Dixon 1976). A penetração do óleo depende da natureza do talo. Essas substâncias podem também interferir na reprodução especialmente na liberação dos esporos e gametas (Steele & Hanisak 1979). Na comunidade, foram observados também efeitos sobre a cobertura de algas (Bokn 1984, 1987).

Não foram encontrados trabalhos sobre a utilização de n-alcenos de petróleo como bioindicadores em macroalgas; entretanto, existem publicações sobre hidrocarbonetos dissolvidos ou dispersos na água e adsorvidos ou absorvidos nos sedimentos (Gordon & Keizer 1973, Marchand 1980, Saliot 1981).

No Brasil, foi realizado um estudo no Duto e Terminais Centro Sul (DTCS) da Petrobrás, em São Sebastião, sobre a toxicidade de efluentes aquosos contendo resíduos de petróleo, que mostrou o efeito nocivo dessas substâncias residuais sobre *Skeletonema costatum* (Aidar *et al.* 1999). Ainda no Canal, foram realizados outros trabalhos enfocando a detecção de HCs nas águas subsuperficiais e nos sedimentos (Bícego & Weber 1986, Zanardi, 1996, Weber 1998, Weber *et al.* 1998, Arnalot 2002).

Levando-se em consideração que nas águas e nos sedimentos deste Canal estão sendo constantemente encontrados resíduos de petróleo, este estudo teve como objetivo detectar a presença de hidrocarbonetos de petróleo na água do mar e em espécies selecionadas nos dois locais de estudo e avaliar o uso das algas como bioindicadoras de poluição marinha por hidrocarboneto de petróleo.

A hipótese inicialmente formulada foi de que macroalgas marinhas poderiam dissolver ou adsorver hidrocarbonetos presentes no meio ambiente, podendo, por esse motivo, servir como indicadores da presença de hidrocarbonetos de petróleo.

Material e métodos

As amostragens foram feitas nas quatro estações do ano, entre a primavera de 2003 e o inverno de 2004, no Canal de São Sebastião (23°41'S e 45°19'W a 23°53'S e 45°30'W), em pontos extremos, próximos aos costões. A Ponta da Sela (23°53'02,8'S e 45°27'04,7'W) esta localizada a Sudeste, no Município de Ilhabela e Praia das Cigarras (23°43'51'S e 45°21'08'W) a Noroeste do Canal, no Município de São Sebastião.

Análises das amostras de água do mar

Coleta do material e obtenção dos extratos

A água do mar foi coletada a 30 cm de profundidade, a partir do nível da água, em frascos de 5 litros, os quais foram abertos somente depois de imersos. Esses recipientes foram totalmente preenchidos e fechados antes de serem recolhidos à superfície.

Foram 16 as amostras coletadas, três para cada estação de coleta (tabela 1).

No laboratório, as amostras foram homogeneizadas e de cada uma delas foi retirada alíquota de 3 L. Cada alíquota foi submetida à partição em n-hexano: a fase n-hexânica foi separada e concentrada em rotoevaporador, em temperatura menor do que 40 °C. O concentrado hexânico foi pesado, dissolvido em 1 mL de n-hexano e filtrado.

Cromatografia gasosa

Cada amostra foi submetida à cromatografia gasosa com detector de íons seletivo para massas, em Cromatógrafo Agilent Série 6890, munido de coluna capilar HP-5, 30 m X 0,32 μm X 0,25 μm ; injetor automático com volume de injeção 1 μL . Espectrógrafo de Massas 5973, 70 eV.

As amostras foram analisadas nas seguintes condições: temperatura inicial: 90 °C; temperatura final 230 °C; programação: 4 °C/min; temperatura do injetor: 150 °C; volume de injeção: 1 μL ; vazão do gás de arraste (H_2): 1 mL/min; splittless.

Os procedimentos a que foram submetidas às amostras de água do mar são apresentados em fluxograma (figura 1).

Tabela 1. Pontos de coleta das amostras de água do mar.

Amostra	Local	Data
1	Cigarras	19/03/04
2	Cigarras	19/03/04
3	Sela	20/03/04
4	Sela	20/03/04
5	Cigarras	06/06/04
6	Cigarras	06/06/04
7	Sela	07/06/04
8	Sela	07/06/04
9	Cigarras	02/08/04
10	Cigarras	02/08/04
11	Sela	02/08/04
12	Sela	02/08/04
13	Cigarras	24/10/04
14	Cigarras	24/10/04
15	Sela	25/10/04
16	Sela	25/10/04

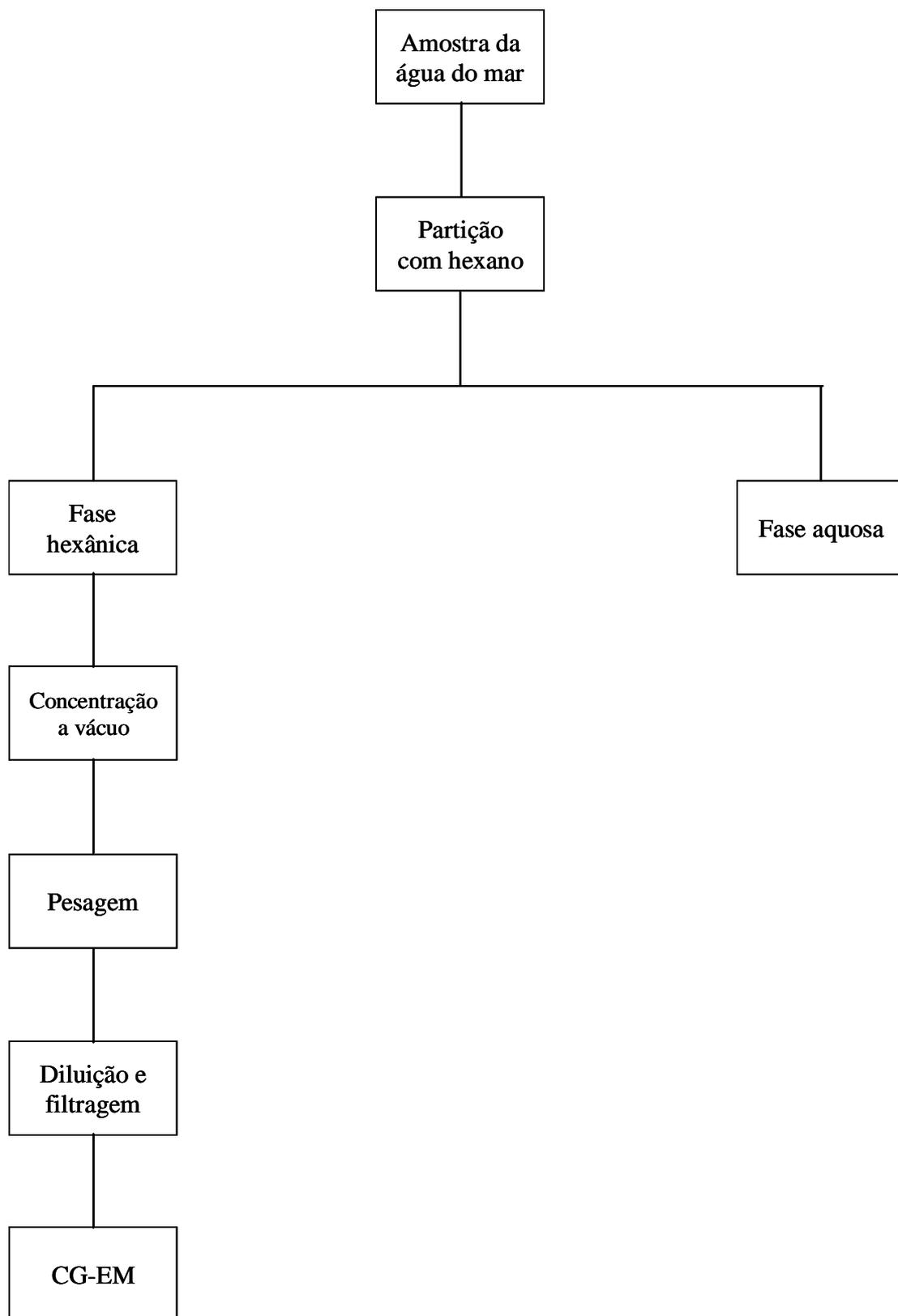


Figura 1. Fluxograma do procedimento analítico aplicado às amostras da água do mar.

Análise das amostras de algas

Coleta do material e obtenção dos extratos

As algas, em um total de 15 amostras (tabela 2), foram coletadas manualmente, com auxílio de espátula, nas duas estações de coleta. Depois de acondicionadas em sacos plásticos, foram transportadas para o laboratório, sob refrigeração.

As amostras foram lavadas e a secagem foi feita à temperatura ambiente, por 5 dias, sendo o material revolvido a intervalos regulares, para evitar a proliferação de fungos. Depois de secas, as amostras foram moídas, pesadas e submetidas à extração com n-hexano.

Os extratos hexânicos foram concentrados sob pressão reduzida, em temperatura inferior a 40 °C, os concentrados obtidos, pesados, dissolvidos em 1mL de n-hexano e filtrados.

Tabela 2. Espécies de algas coletadas.

Amostra	Espécie	Local	Data
1	<i>Laurencia filiformis</i> (C. Agardh) Mont.	Cigarras	20/3/2004
2	<i>Laurencia filiformis</i> (C. Agardh) Mont.	Sela	20/3/2004
3	<i>Sargassum stenophyllum</i> Mart.	Cigarras	20/3/2004
4	<i>Corallina officinalis</i> L.	Cigarras	6/6/2004
5	Corallinaceae incrustante	Cigarras	6/6/2004
6	<i>Jania adhaerens</i> J.V. Lamour.	Sela	7/6/2004
7	Corallinaceae incrustante	Sela	7/6/2004
8	Corallinaceae incrustante	Cigarras	2/8/2004
9	Corallinaceae incrustante	Sela	2/8/2004
10	<i>Sargassum stenophyllum</i> Mart.	Cigarras	24/10/2004
11	Corallinaceae incrustante	Cigarras	24/10/2004
12	<i>Corallina officinalis</i> L.	Cigarras	24/10/2004
13	<i>Jania adhaerens</i> J.V. Lamour.	Sela	25/10/2004
14	<i>Sargassum furcatum</i> Kütz.	Sela	25/10/2004
15	Corallinaceae incrustante	Sela	25/10/2004

Cromatografia gasosa

Cada amostra foi submetida à cromatografia gasosa com detector de íons seletivo para massas, em Cromatógrafo Agilent Série 6890, munido de coluna capilar HP-5, 30 m X 0,32 μm X 0,25 μm ; injetor automático com volume de injeção 1 μL . Espectrógrafo de Massas 5973, 70 eV.

As amostras foram analisadas nas seguintes condições: temperatura inicial: 90 °C; temperatura final 230 °C; programação: 4 °C/min; temperatura do injetor: 150 °C; volume de injeção: 1 μL ; vazão do gás de arraste (H_2): 1 mL/min; splittless.

Os procedimentos a que foram submetidas as amostras de espécies de algas são apresentados em fluxograma (figura 2).

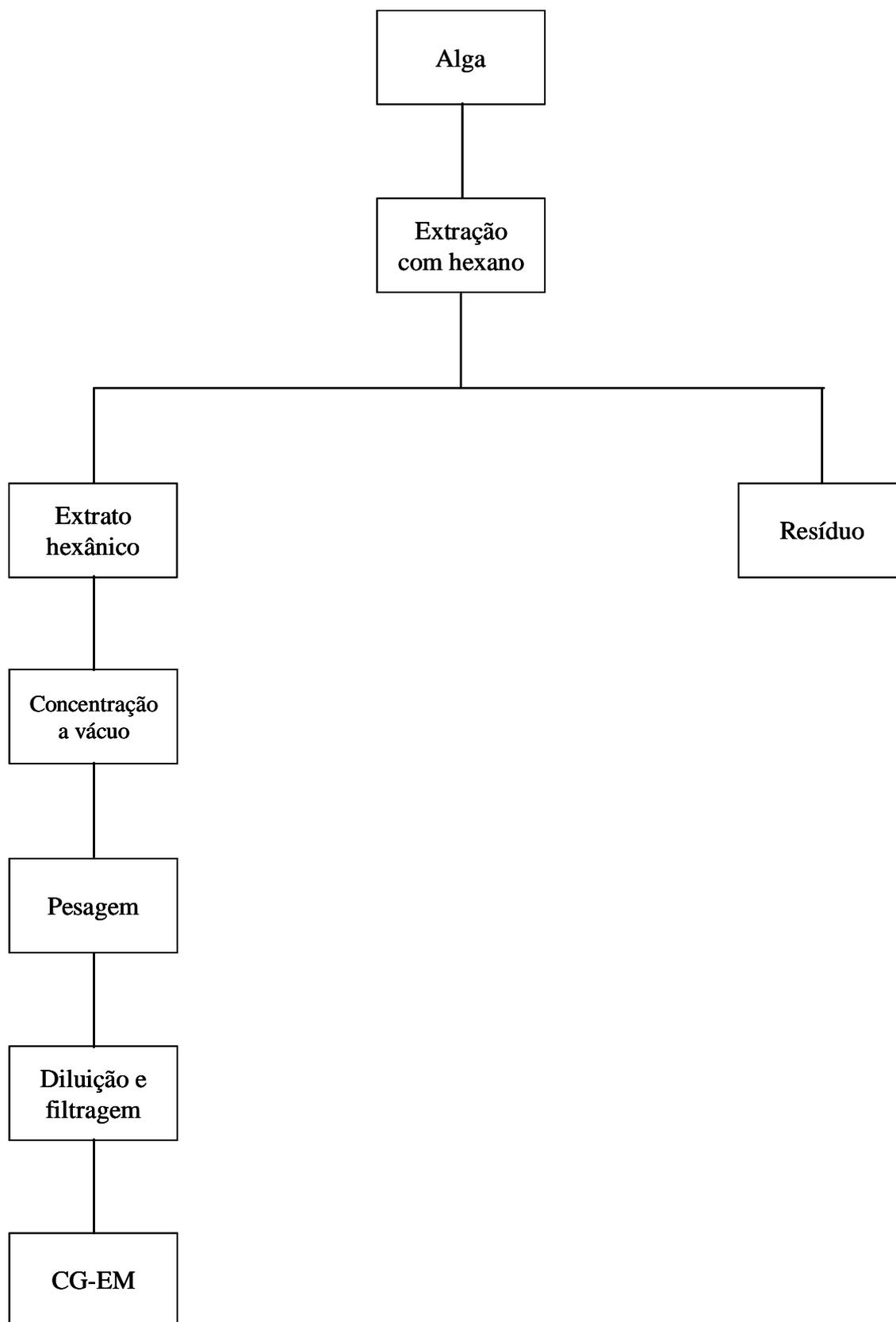


Figura 2. Fluxograma do procedimento analítico aplicado às amostras das algas.

Determinação do Índice de Kováts

Para essa determinação, padrões da série homóloga de n-alcenos de C₁₀ a C₂₀, da marca Aldrich, foram injetados sob forma de mistura homogênea. Os padrões foram cromatografados nas mesmas condições que as amostras.

Para todos os procedimentos, o grau de pureza dos solventes utilizados variou de acordo com a finalidade. Para extrações, utilizou-se solvente Merck PA ACS e para as cromatografias, solvente Merck de grau espectroscópico.

O solvente utilizado nos cromatogramas foi submetido, também à cromatografia gasosa (teste em branco).

Resultados

Análises das amostras de água do mar

Os pesos dos concentrados das frações hexânicas obtidas por partição das amostras de água estão na tabela 3.

Os cromatogramas obtidos por cromatografia gasosa-espectroscopia de massas (CG-EM), destas amostras, foram numerados como figuras 3 a 18 e os tempos de retenção apresentados pelos n-alcenos em todos esses cromatogramas estão reunidos na tabela 4.

Os n-alcenos foram identificados por seus espectros de massas (figuras 19-23).

Análise das amostras de algas

O peso do material seco algáceo e os respectivos pesos dos extratos hexânicos obtidos são mostrados na tabela 5.

Os cromatogramas obtidos por CG-EM, destas amostras, foram numerados como figuras 24 a 38 e os tempos de retenção apresentados pelos n-alcenos, em todos esses cromatogramas, estão reunidos na tabela 6.

Os n-alcenos foram identificados por seus espectros de massas (figuras 39-42).

Foi calculado o Índice de Kováts.

Tabela 3. Volume, peso do concentrado e porcentagem de lipossolúveis na água do mar.

Amostra	Peso do concentrado hexânico	% de lipossolúveis
1	0,01	0,44
2	0,01	0,30
3	0,01	0,35
4	0,12	3,91
5	0,11	3,67
6	0,01	0,29
7	0,06	1,95
8	0,01	0,34
9	0,06	1,87
10	0,03	0,94
11	0,04	1,21
12	0,02	0,77
13	0,02	0,82
14	0,01	0,47
15	0,05	1,82
16	0,01	0,39

Tabela 5. Peso seco, extrato e porcentagem de lipossolúveis das algas.

Amostra	Peso Seco	Peso do Concentrado Hexânico	% de Lipossolúveis
1	26,0091	0,0432	0,17
2	18,3657	0,0683	0,37
3	6,7737	0,0375	0,55
4	23,6406	0,0158	0,07
5	10,6407	0,0257	0,24
6	19,5204	0,0298	0,15
7	9,6854	0,6926	7,15
8	19,9687	0,0105	0,05
9	1,5286	0,0274	1,79
10	4,6450	0,0057	0,12
11	37,0598	0,0310	0,08
12	12,7598	0,0114	0,09
13	7,7723	0,0096	0,12
14	1,2284	0,0054	0,44
15	27,0863	0,1769	0,65

Tabela 6. Tempo de retenção dos n-alcenos existentes nas frações hexânicas dos extratos de algas.

n- alcenos	Tempo de retenção														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C ₁₃	-	-	-	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-	7,63	-	-
C ₁₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,03	-	-
C ₁₅	15,14	-	15,17	15,15	15,15	-	15,11	15,14	15,19	15,15	-	15,15	15,17	15,14	-
C ₁₆	19,74	19,75	19,75	19,74	19,74	19,76	19,74	19,74	19,76	19,74	19,74	19,75	19,78	19,74	-
C ₁₇	24,74	24,64	24,55	24,6	24,56	24,58	24,54	24,56	24,55	24,57	24,56	24,56	24,77	24,55	24,54
C ₁₈	29,39	29,42	29,36	29,39	29,39	29,41	29,38	29,4	29,39	29,40	29,39	29,39	29,43	29,38	29,37
C ₁₉	34,14	34,16	-	34,15	34,14	34,16	34,13	34,15	34,11	34,13	34,15	31,14	34,18	29,38	34,12
C ₂₀	37,75	37,76	37,72	-	37,73	37,76	37,74	37,76	37,72	-	37,74	37,73	37,79	-	37,72
C ₂₁	40,49	-	-	40,5	40,46	40,49	40,48	-	40,46	40,49	40,48	40,46	40,52	-	40,46
C ₂₂	42,77	42,78	42,75	42,78	42,75	42,76	42,76	42,77	42,74	42,77	42,76	42,75	42,80	42,77	-
C ₂₃	44,77	44,76	44,75	-	44,75	44,77	44,76	-	44,75	-	-	44,76	44,81	-	-

Discussão e conclusões

No presente estudo a análise das amostras de água não teve por objetivo determinar a contaminação das águas do Canal de São Sebastião por petróleo, o que foi já realizado por outros pesquisadores (Zanardi 1996, Bícego 1998, Weber 1998, Weber *et al.* 1998, Arnalot 2002, Milanelli 2003 e outros); nosso intuito foi estabelecer parâmetros para comparação com os resultados das análises dos n-alcenos, nossos marcadores, em espécies selecionadas de macroalgas.

Nossas análises de água corroboraram os resultados obtidos em estudos anteriores, mostrando a presença de n-alcenos, entre outros hidrocarbonetos de petróleo, em todas as amostras coletadas, nas duas estações selecionadas.

Com relação ao papel de marcadores, nas algas, algumas considerações devem ser feitas.

A condição óbvia e determinante a ser preenchida por uma substância proposta para a função de marcador, quando se avalia um indicador de poluição, é que provenha unicamente do poluente. Outros fatores a serem considerados são a sua estabilidade química e a existência de processos simples e rápidos para detectá-la (Trainor 1984).

A escolha dos n-alcenos de cadeias curtas (C_{10} a C_{20}) e de número par de carbonos baseou-se principalmente no fato de não serem sintetizados pelas macroalgas marinhas (UNEP/IAEA 1991) e nem pelas plantas terrestres. Nas algas, há predominância do n- C_{15} e do n- C_{19} (Clark & Blumer 1967, Youngblood *et al.* 1971). No fitoplâncton, os alcenos mais abundantes são n- C_{15} , n- C_{17} , n- C_{19} e n- C_{21} (Saliot 1981); os de origem terrestre apresentam cadeias maiores, também de números ímpares de carbono, que vão de n- C_{23} – n- C_{33} (Clark & Blumer 1967, Kolattukudy 1970, Blumer *et al.* 1971, Caldicott & Eglington 1973).

Também foi levada em consideração a sua estabilidade: os n-alcenos são mais estáveis que os compostos que possuem hétero-átomos e grupos funcionais reativos, porém, são menos estáveis que os minerais (Morrison & Boyd 1990).

Com relação a sua detecção e mensuração, o método mais utilizado é a cromatografia gasosa seguida por detecção em espectrógrafo de massas, processo que apresenta a vantagem de caracterizar quimicamente a substância detectada, além de ser rápido e de fácil execução (Aquino Neto & Nunes 2003).

A essas vantagens, pode-se acrescentar baixa toxicidade e facilidade de aquisição.

Todas essas características indicam que n-alcenos podem ser utilizados bioindicadores em macroalgas marinhas.

Nossos resultados, reunidos na tabela 6, mostram a proficiência desses marcadores, cuja presença pode ser comprovada nos cromatogramas apresentados nas figuras 39 a 42. A comparação entre as tabelas 5 e 6, mostra a coincidência entre as ocorrências dos n-alcenos nas amostras de água e nas de algas.

Pode-se observar também que os n-alcenos detectados nas algas foram os da seqüência de compreendida entre C_{14} e C_{22} . O C_{16} e o C_{18} são comuns a todas as espécies.

Jania adhaerens, na coleta realizada em outubro de 2004, foram observados todos os n-alcenos marcadores; em *Corallina officinalis* e Corallinacea incrustante foram observados todos eles, com exceção do C_{14} ; o *Sargassum* apresentou o menor número de n-alcenos e as espécies de *Laurencia* apresentaram n-alcenos de C_{16} a C_{22} .

Do exposto, pode-se afirmar que os n-alcenos são eficientes marcadores indicativos da presença de hidrocarbonetos do petróleo, e que dentre as macroalgas estudadas, as mais adequadas para exercerem o papel de bioindicadores são a *Jania adhaerens*, *Corallina officinalis* e Corallinaceae incrustante possivelmente por serem impregnadas com carbonato de cálcio.

Figura 3. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 1).

Figura 4. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 2).

Figura 5. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 3).

Figura 6. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 4).

Figura 7. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 5).

Figura 8. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 6).

Figura 9. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 7).

Figura 10. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 8).

Figura 11. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 9).

Figura 12. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 10).

Figura 13. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 11).

Figura 14. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 12).

Figura 15. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 13).

Figura 16. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Praia das Cigarras (amostra 14).

Figura 17. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 15).

Figura 18. Cromatograma da amostra de água do mar coletada na Ponta da Sela (amostra 16).

Figura 19. A. Espectro de massas do tetradecano presente na amostra de água coletada na Praia das Cigarras (amostra 1). B. Espectro de massas do tetradecano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 20. A. Espectro de massas do hexadecano presente na amostra de água coletada na Praia das Cigarras (amostra 1). B. Espectro de massas do hexadecano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 21. A. Espectro de massas do octadecano presente na amostra de água coletada na Praia das Cigarras (amostra 1). B. Espectro de massas do octadecano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 22. A. Espectro de massas do eicosano presente na amostra de água coletada na Praia das Cigarras (amostra 1). B. Espectro de massas do eicosano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 23. A. Espectro de massas do n-docosano presente na amostra de água coletada na Praia das Cigarras (amostra 1). B. Espectro de massas do n-docosano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 24. Cromatograma da amostra de *L. filiformis* coletada na Praia das Cigarras (amostra 1).

Figura 25. Cromatograma da amostra de *L. filiformis* coletada na Ponta da Sela (amostra 2).

Figura 26. Cromatograma da amostra de *S. stenophyllum* coletada na Praia das Cigarras (amostra 3).

Figura 27. Cromatograma da amostra de *C. officinalis* coletada na Praia das Cigarras (amostra 4).

Figura 28. Cromatograma da amostra de Corallinaceae incrustante coletada na Praia das Cigarras (amostra 5).

Figura 29. Cromatograma da amostra de *J. adhaerens* coletada na Ponta da Sela (amostra 6).

Figura 30. Cromatograma da amostra de Corallinaceae incrustante coletada na Ponta da Sela (amostra 7).

Figura 31. Cromatograma da amostra de Corallinaceae incrustante coletada na Praia das Cigarras (amostra 8).

Figura 32. Cromatograma da amostra de Corallinaceae incrustante coletada na Ponta da Sela (amostra 9).

Figura 33. Cromatograma da amostra de *S. stenophyllum* coletada na Praia das Cigarras (amostra 10).

Figura 34. Cromatograma da amostra de Corallinaceae incrustante coletada na Praia das Cigarras (amostra 11).

Figura 35. Cromatograma da amostra de *C. officinalis* coletada na Praia das Cigarras (amostra 12).

Figura 36. Cromatograma da amostra de *J. Adhaerens* coletada na Ponta da Sela (amostra 13).

Figura 37. Cromatograma da amostra de *S. Furcatum* coletada na Ponta da Sela (amostra 14).

Figura 38. Cromatograma da amostra de Corallinaceae incrustante coletada na Ponta da Sela (amostra 15).

Figura 39. A. Espectro de massas do tetradecano presente na amostra de *J. Adhaerens* (amostra 13).
B. Espectro de massas do tetradecano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 40. A. Espectro de massas do hexadecano presente na amostra de *J. Adhaerens* (amostra 13).
B. Espectro de massas do hexadecano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 41. A. Espectro de massas do eicosano presente na amostra de *J. Adhaerens* (amostra 13). B. Espectro de massas do eicosano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Figura 42. A. Espectro de massas do n-docosano presente na amostra de *J. Adhaerens* (amostra 13).
B. Espectro de massas do n-docosano, da Biblioteca do Cromatógrafo Aligent Série 6890.

Literatura citada

- Aidar, E., Sigaud Kutner, Teresa, C.S., Bicego, M.C., Schinke, K.P., Ganesella, S.M.F. & Braga, E. S.** 1999. Evaluation of produced water toxicity from oil maritime terminal through *Skeletonema costatum* toxicity. *Revista Brasileira de Oceanografia* 47: 137-144.
- Aquino Neto, F.R. & Nunes, D.S.S.** 2003. *Cromatografia. Princípios básicos e técnicas afins.* Editora Interciência, Rio de Janeiro, 187 p.
- Arnalot, E.C.** 2002. Avaliação das concentrações de hidrocarbonetos do petróleo no Canal de São Sebastião, SP: Influência do lançamento de um efluente petroquímico. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 100 p.
- Bicego, M.C. & Weber, R.R.** 1986. Hidrocarbonetos fósseis no Canal de São Sebastião, São Paulo. *In: V Mini-Simpósio de Biologia Marinha, CebiMar-USP*, 14 p.
- Bicego, M.C.** 1998. Contribuição ao estudo de hidrocarbonetos biogênicos e do petróleo no ambiente marinho. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 156p .
- Bokn, T.** 1984. Effects of diesel oil on recolonization of benthic algae. *Hydrobiologia* 116/117, 383-388.
- Bokn, T.** 1987. Effects of diesel oil and subsequent recovery of commercial benthic algae. *Hydrobiologia* 151/152: 277-284.
- Boyle, T.P.** 1984. The effect of environmental contaminants on aquatic algae. *In: Algae as ecological indicators.* L.E. Shubert (ed.). Academic Press Inc., New York, 434 p.
- Braga, E. de S.** 1990. O gerenciamento de riscos e desastres ecológicos, respostas aos derramamentos de hidrocarbonetos de petróleo no mar. *In: Simpósio estadual sobre meio ambiente e educação universitária. Informe Final.* São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente 3: 56 -57.

- Caldicott, A.B. & Eglinton, G.** 1973. Surface waxes. In: Miller, L.P., ed. *Phytochemistry*, III Inorganic elements and special groups of chemicals. New York, Van Nostrand – Reinhold, pp. 162-194.
- Cheevaporn, V. & Menasveta, P.** 2003. Water pollution and habitat degradation in the Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin* 47: 43-51.
- Chikaraishi, Y & Naraoka, H.** 2003. Compound-specific δD - $\delta^{13}C$ analysis of n-alkanes extracted from terrestrial and aquatic plants. *Phytochemistry* 63: 361-371.
- Clark, R.C. & Brown, D.W.** 1977. Petroleum properties and analyze of paraffin hydrocarbons and interpretation of data bases oil spill effects in aquatic organisms. *In: Joint conference on prevention and control of oil spill*. Washington, DC American Petroleum Institute, 161-172.
- Cordeiro-Marino, M., Azevedo, M.T.P. Sant'Anna, C.L, Tomita, N.Y. & Plastino E.M.** (eds.). 1992. *Algae and environment: a general approach*. Sociedade Brasileira de Ficologia, São Paulo, 131 p.
- Cunningham, L., Stark, J., Snape, I., Mcminn, A. & Riddle, M.J.** 2003. Effects of metal and petroleum hydrocarbon contamination on benthic diatom communities near Casey Station, Antarctica: An experimental approach. *Journal of Phycology* 39: 490-503.
- Furtado, V.V., Bicego, M.C., Weber, R.R.** 1987. Modelo de dispersão de óleo na região do canal de São Sebastião. *Simpósio sobre Ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira* 2:371-388.
- Gordon, D.C. & Keizer, P.D.** 1973. Detection of trace amount of oil in sea-water by fluorescence spectroscopy. *Jour. Fish Board* 30: 1039 – 10046.
- Khalaf, K.I., Gab Alla, A.A.F, Ahmed, A.I.** 2002. Ecological study of the impact oil pollution on the fringing reef of Ras Shukeir, Gulf of Suez, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Biology* 4: 119-126.

- Lacerda, L.D.** 1992. The behavior of trace metals in benthic marine algae. *In: Algae and environment: a general approach.* M. Cordeiro-Marino, M.T.P. Azevedo, C.L. Sant' Anna, N.Y. Tomita & E.M. Plastino (eds.) Sociedade Brasileira de Ficologia, São Paulo.
- Littler, M.M., Littler, D.S.** 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of functional form model. *Am. Nat.* 116: 25-44.
- Marchand, M.H.** 1980. The Amoco Cadiz Oil Spill. Distribution and evolution of hydrocarbon concentrations in seawater and marine sediments. *Environ. int.* 4: 421-429.
- Megharaj, M., Singleton, I., McClure, N.C. & Naidu, R.** 2000. Influence of petroleum, hydrocarbon contamination on microalgae and microbial activities in a long-term contaminated soil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 38: 439-445.
- Milanelli, J.C.C.** 2003. Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião – São Paulo. Dissertação de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 293 p.
- Morrison, R.T. & Boyd, R.N.** 1990. *Química Orgânica.* Fundação Calouste Gulbenkian, 9a. edição, Lisboa, 1639 p.
- O'Brien, P.Y., Dixon, P.S.** 1976. The effects of oil and oil components on algae: a review. *British Phycological Journal* 11: 115-142.
- Pipe, A.E. & Shubert, L.E.** 1984. The use of algae as indicators of soil fertility. *In: Algae as ecological indicators.* L.E. Subert. (ed.). Academia Press, inc. New York, 434 p.
- Rocha, A.A.** 1992. Algae as biological indicators of water pollution. *In: Algae and environment: a general approach.* M. Cordeiro-Marino, M.T.P. Azevedo, C.L. Sant' Anna, N.Y. Tomita & E.M. Plastino (eds.) Sociedade Brasileira de Ficologia, São Paulo.
- Saliot, A.** 1981. Natural hydrocarbons in the sea. *In: Marine Organic Chemistry,* Duursma, E.K. and Dawson, R., eds., Elsevier, Amsterdam, 327-374.

- Schramm, W.** 1972. The effects of oil pollution on gas exchange in *Porphyra umbicalis* when exposed to air. Proceedings of the International Seaweed Symposium 7: 309-315.
- Shubert, L.E.** (ed.).1984. Algae as ecological indicators. Academic Press Inc., New York, 434 p.
- Steele, R.L. & Hanisak, M.D.** 1979. Sensitivity of some brown algal reproductive stages to oil pollution. Proceedings of the International Seaweed Symposium 9: 181-191.
- Trainor, F.R.** 1884. Indicator Algal Assays: Laboratory and Field Approaches. *In: Algae as ecological indicators.* L.E. Shubert (ed.). Academic Press, New York, 434 p.
- Thurman, E.M.** 1985. Organic geochemistry of natural waters. United States Geological Survey. Denver, Colorado, USA, 497 p.
- UNEP/IAEA (United Nations Environment Programme),** 1991. Determinations of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference Methods for Marine Pollution Studies, 97 p.
- Wang, X., Zhang, J., Shi, X., Zhu, C., An, Y., Jun, S. Li, R. Zhu, M., Chen, S.** 2002. Determination of toxicokinetic parameters for bioconcentration of water soluble fraction of petroleum hydrocarbon associated with N° 0 diesel in Chagjiang estuary and Jiaozhou Bay: Model versus mesocosm experiments. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 42: 272-279.
- Weber, R.R.** 1998. Derrames de petróleo e os ecossistemas costeiros : Composição do petróleo e derivados, fontes e efeitos do óleo no mar, processos de degradação, processos de remoção e legislação nacional *In: Harari, J, Coord. Curso de extensão cultural São Paulo: Iousp/Fundespa,* pp. 1-15.
- Weber, R.R., Zanardi, E., Bígeco, M.C.** 1998. Distribuição e ocorrência dos hidrocarbonetos biogênicos e de petróleo, na água no mar superficial e nos sedimentos de superfície da região da plataforma interna do Canal de São Sebastião, SP, Brasil. Relatório Técnico do Instituto de Oceanografia 43: 1-14.

- Whitton, B.A.** 1984. Algae as monitors of heavy metals in freshwater. *In: Algae as ecological indicators*. L.E. Shubert (ed.). Academic Press Inc., New York, 434 p.
- Youngblood, W.W, Blumer, M., Guillard, R.L. & Fiori, F.** 1971. Saturated and Insaturated hydrocarbons in marine bentic algal. *Marine Biology* 8: 190-201.
- Zanardi, E.** 1996. Hidrocarbonetos no Canal de São Sebastião e Plataforma Interna Adjacente – influência do derrame de maio de 1994. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 112 p.
- Zanardi, E., Bicego, M.C. & Weber, R.R.** 1999. Dissolved/dispersed Petroleum Aromatic Hydrocarbons in the São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 38: 410-413.

4. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As comunidades de algas marinhas bentônicas nos dois costões rochosos, Ponta de Sela e Praia das Cigarras, no Canal de São Sebastião, mostraram diferenças significativas na distribuição espacial, enquanto o fator sazonal não foi significativo.

A Ponta da Sela apresentou, como principal característica, a presença de tapetes que se estenderam por toda a região litorânea. Grande parte destas espécies formadoras destes tapetes pertence ao grupo filiforme. Pela análise de variância, as espécies que caracterizaram a Ponta da Sela foram dos grupos morfofuncionais filiforme e laminar, consideradas espécies oportunistas. Esta associação, por meio da compactação dos talos, confere às algas tolerância à herbivoria e à dessecação. Sugere-se que, devido a pouca declividade do costão, as algas, durante a maré baixa, ficam por um longo período expostas e, por isso, estão sujeitas a uma alta luminosidade, mudanças de temperaturas e a dessecação. O grau de sedimentação também podem ser fatores que levam à formação dos tapetes e, pela característica da circulação local do Canal de São Sebastião, podemos sugerir que a Ponta da Sela apresenta baixas concentrações de matéria orgânica.

A Praia das Cigarras apresentou maior número de espécies em relação à Ponta da Sela. Com base nos resultados obtidos a partir da análise de variância, verificou-se que a comunidade da Praia das Cigarras caracterizou-se pelo predomínio dos grupos coriáceo e não-coriáceo. As espécies que melhor caracterizaram a comunidade foram espécies de ciclos de vida mais longos e crescimento lento (típicas de final de sucessão), sugerindo que este ambiente apresenta menor grau de distúrbios físicos ou biológicos.

A Praia das Cigarras mostrou ser menos afetada pela dessecação do que a Ponta da Sela. Isto se deve, sobretudo, à maior declividade do costão e conseqüentemente, a uma menor exposição à maré baixa. Outro fator que contribui para menor estresse por dessecação reside na existência de muitas reentrâncias no costão.

Assim, com base nos resultados, podemos afirmar que o conceito de forma e função das algas ajuda a interpretar padrões de estabilidade e estresse das comunidades de algas, sem que seja necessário um estudo detalhado de cada componente. Isto é sobretudo importante para agilizar monitoramentos ambientais, com a finalidade de detectar a ação de impactos na comunidade costeira.

A análise dos dados do número de ocorrências das espécies e dos grupos morfofuncionais, tanto na Ponta da Sela quanto na Praia das Cigarras, quando comparado aos dados de porcentagem de cobertura, mostrou que há alteração da importância das espécies em relação à comunidade, sugerindo que, para melhor caracterizá-la, é necessário utilizar tanto métodos destrutivos (riqueza de espécies) quanto não-destrutivos (porcentagem de cobertura) de amostragens.

Quanto ao estudo da disponibilidade de propágulos, os resultados demonstraram baixa densidade nas estações de amostragem, principalmente na época do verão, quando o número foi menor. Os propágulos de algas verdes estavam presentes em maior número, tanto da Ponta da Sela como da Praia das Cigarras, no entanto, o número de propágulos de algas pardas aumentou na Sela durante o inverno, o que não foi verificado nas Cigarras.

De maneira geral, houve a ocorrência de propágulos de algas oportunistas, sendo que a Ponta da Sela apresentou maior densidade em relação à Praia das Cigarras. Isto pode ser explicado pelo fato de, na Sela, ter predominado espécies oportunistas, principalmente do grupo filiforme, tanto de algas verdes como pardas, o que refletiu numa maior disponibilidade de seus propágulos na coluna d'água.

Os resultados da detecção de n-alcenos de petróleo em algas marinhas bentônicas mostraram que estes são eficientes marcadores, indicativos da presença de hidrocarbonetos do petróleo, podendo dessa forma ser incorporados a estudos de monitoramento da qualidade ambiental marinha, uma vez que algumas espécies, como mostrado no presente estudo, servem como indicadoras de sua presença na água, a médio e longo prazo.

Áreas importantes e representativas, onde as ocorrências de derrames são muito prováveis, devem ser focos de pesquisas pré-impactos e estudos de monitoramento. A recuperação de um ecossistema afetado por contaminação de petróleo exige estudos mais específicos dos organismos que aí vivem e não somente dos seus componentes físicos, pois, o fato das águas voltarem a condições tidas como normais depois de um impacto, não significa que a riqueza e a abundância das espécies já tenha se restabelecido.

5. LITERATURA CITADA

- Abou-Aisha, K.M., Kobbia, I.A., El-Abyad M.S., Shabana, E.F. & Schanz, F.** 1995. Impact of phosphorous loadings on macro-algal communities in the Red Sea coast of Egypt. *Water, Air, Soil Pollution*, 83: 285-297.
- Aidar, E. & Mesquita, H.S.L.** 1993. Oceanografia biológica: fitobioensaios. *In*: Ikeda Y.; Giannini, R., Coords. Levantamento oceanográfico da area diretamente afetada por efluentes dos emissários submarinhos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, Estado de São Paulo. Relatório parcial, São Paulo, FUNDESPA/IOUSP. pp. 194-216.
- Amado Filho, G.M., Barreto, M.B.B.B., Marins B.V., Felix, C. & Reis, R.P.** 2003. Estrutura das comunidades fitobentônicas do infralitoral da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 329-342.
- AL Norte** (15/05/2005). Disponível na World Wide Web: <<http://www.alnorte.gov.br>>
- Amsler, C.D. & Searles, R.B.** 1980. Vertical distribution of the seaweed spores in a water column offshore of North Carolina. *Journal of Phycology* 16: 617-619.
- Amsler, C.D., Reed D.C. & Neushul, M.** 1992. The microclimate inhabited by macroalgal propagules. *British Phycological Journal* 27: 253-270.
- A.P.I.** 1985. Oil spill response: options for minimizing adverse ecological impacts. American Petroleum Institute, publication 4398, 98 p.
- Arasaki, E.** 1997. Distribuição e estrutura das macroalgas bentônicas no Canal de São Sebastião. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 143 p.

- Areces, A.J.** 2001. La ficoflora intermareal como bioindicadora de calidad ambiental. Estúdio de caso: El litoral habanero. Sustentabilidad de la biodiversidad. Eds. Universidad de Concepción-Chile, pp. 569-589.
- Arnalot, E.C.** 2002. Avaliação das concentrações de hidrocarbonetos do petróleo no Canal de São Sebastião, SP: Influência do lançamento de um efluente petroquímico. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 100 p.
- Berchez, F.A.S.** 1985. Aspectos da ecologia e biologia da alga agarófita *Pterocladia capillacea* (Rohodophyta Gelidiaceae). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 130 p.
- Bícego, M.C.** 1988. Contribuição ao estudo de hidrocarbonetos biogênicos e do petróleo no ambiente marinho. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 156 p.
- Bícego, M.C. & Weber, R.R.** 1986. Hidrocarbonetos fósseis no Canal de São Sebastião, São Paulo. *In*: V Mini-Simpósio de Biologia Marinha, CebiMar-USP, 14 p.
- Blumer, M, Guilard, R.R.L. & Chase, T.** 1971. Hydrocarbons of Marine phytoplankton. *Marine Biology* 8: 183-189.
- Bokn, T.,** 1984. Effects of diesel oil on recolonization of benthic algae. *Hydrobiologia* 116/117: 383-388.
- Braga, E. de S.** 1990. O gerenciamento de riscos e desastres ecológicos, respostas aos derramamentos de hidrocarbonetos de petróleo no mar. *In*: Simpósio estadual sobre meio ambiente e educação universitária. Informe Final. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente 3: 56 -57.
- Brasil** 2005. Tábuas de marés. Diretoria e Hidrografia de Navegação. Ministério da Marinha. Site: <http://www.dhn.mar.mil.br>.

- Brown, M.T. 1987.** Effects of desiccation on photosynthesis of intertidal algae from a southern New Zealand shore. *Botanica Marina*. 30: 121-127.
- Caldicott, A.B. & Eglington, G. 1973.** Surface waxes. *In*: Miller, L.P., ed. *Phytochemistry, III Inorganic elements and special groups of chemicals*. New York, Van Nostrand – Reinhold, pp. 162-194.
- Chapman, A.R.O. 1986.** Population and community ecology of seaweeds. *Advances in Marine Biology* 23: 1-161.
- Clark, R.C. & Brown, D.W. 1977.** Petroleum properties and analyze of paraffin hydrocarbons and interpretation of data bases oil spill effects in aquatic organisms. *In*: Joint conference on prevention and control of oil spill. Washington, DC American Petroleum Institute, pp. 161-172.
- Clark, R.C. & Blumer, M. 1967.** Distribution of n. paraffin's in marine organisms and sediments. *Limnology of Oceanography* 12: 79-87.
- CETESB, 1986.** Mapeamento das áreas a serem protegidas quando da ocorrência de derrames de petróleo e derivados no litoral norte de São Paulo, 42 p.
- CETESB 2005.** (15/09/2005). Disponível na World Wide Web: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/balneabilidade.asp>>
- Coimbra, C.S. 1998.** Caracterização ecológica das comunidades bentônicas da região entre-marés no costão da Praia do Itaguá, Ubatuba, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 136 p.
- Costa, H.R. 1962.** Note preliminaire sur les peuplements intercotidaux de substrat dur du littoral de Rio de Janeiro. *Recueil de Travaux de la Station Marine d'Endoume, Marseille*, 27: 197-207.
- Connel, J.H. 1972.** Community interations on marine rocky intertidal shores. *Annual Review of Ecology and Systematic* 3: 169-192.

- Cubit, J.** 1984. Herbivory and the seasonal abundance of algae on a high intertidal rocky shore. *Ecology* 65: 1904-1917.
- Cullinane, J.P., Doyle, T.M. & Whelan, P.M.** 1987. Uses of seaweeds as biomonitors of zinc levels in Cork Harbour, Ireland. *Hydrobiologia*, 151/152: 285-290.
- Druehl, L.D. & Green, J.M.** 1982. Vertical distribution of intertidal seaweeds as related to patterns of submersion and emersion. *Marine Biology* 9: 163-170.
- Emilsson, I.** 1962. As correntes marítimas no canal de São Sebastião. *Ciência e Cultura* 14: 269-270.
- Eston, V.R., Braga, M.R.A., Cordeiro-Marinho, M. Fujii, M.T. & Yokoya, N.S.** 1992. Macroalgal colonization patterns on artificial substrates inside southeastern brazilian mangroves. *Aquatic Botany* 42: 315-325.
- Faccini, A.L.** 1998. Ecologia e manejo de um banco natural de *Hypnea musciformes* (Rhodophyta, Gigartinales) no litoral Norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 87 p.
- Falcão, C.** 2003. Efeitos dos hidrocarbonetos em comunidades do mediolitoral e teste de viabilidade de biorremediadores em derrames de petróleo. Experimentos *in situ* – Angra dos Reis – RJ. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 118 p.
- Ferreira, J. G.** 1991. Factors governing mercury accumulation in three species of marine macroalgae. *Aquatic Botany* 39: 335-343.
- Figueiredo, L.H.M.** 1999. Investigação das contribuições orgânicas antrópicas e naturais em sedimentos costeiros utilizando-se hidrocarbonetos marcadores. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 149 p.
- Figueiredo, M.A.O., Barreto, M.B.B. & Reis, R.P.** 2004. Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Parati, RJ – subsídios para futuros monitoramentos. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 11-17.

- Furtado, V.V.** 1978. Contribuição ao estudo da sedimentação atual do Canal de São Sebastião - Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 123 p.
- Furtado, V.V., Bicego, M.C. & Weber, R.R.** 1987. Modelo de dispersão de óleo na região do canal de São Sebastião. Simpósio sobre Ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira – Síntese dos conhecimentos. Anais. Cananéia, São Paulo 2: 371–388.
- Furtado, V.V., Bonetti-Filho, J., Rodrigues & M., Barcellos** 1998. Aspectos da sedimentação no Canal de São Sebastião. Relatório Técnico do Instituto de Oceanografia 43: 15-31.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UNEP Joint group of experts on the scientific aspects of marine pollution)** 1993. Impacto of oil and related chemicals and wastes on the Marine Environment. Rep. Stud. GESAMP, 50: 180 p.
- Gordon, D.C. & Keizer, P.D.** 1973. Detection of trace amount of oil in sea-water by fluorescence spectroscopy. Journal Fishry Board 30: 1039 – 10046.
- Guimaraens, M.A. & Coutinho, R.** 1996. Spatial and temporal variation of benthic marine algal at the Cabo Frio upwelling region, Rio de Janeiro, Brazil. Aquatic Botany 52: 283-299.
- Guimaraens, M.A., Coimbra, C.A. & Coutinho, R.** 1996. Modeling competition between *Laurencia obtusa* (Ceramiales, Rhodophyta) and *Hypnea spinella* (Gigartinales, Rhodophyta) at Cabo Frio Island, Rio de Janeiro, Brazil. Hidrobiologia 327: 273-276.
- Haritonides, S. & Malea, P.** 1995. Seasonal and local variation of Cu, Ni and Co concentrations in *Ulva rigida* C. Agardh and *Enteromorpha linza* (Linnaeus) form Thermaikos Gulf, Greece. Environmental Pollution 89: 39-327.
- Horta, P.A.** 2000. Macroalgas do infralitoral do sul e sudeste do Brasil: taxonomia e biogeografia. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 301 p.

- Joly, A.B.** 1957. Contribuição ao conhecimento da flora fisiológica marinha da baía de Santos e arredore. Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade de São Paulo 14: 1-169.
- Joly, A.B.** 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade de São Paulo. 294 (Bot.) 21: 1-393.
- Kennish, M.J.** 1998. Pollution impacts on marine biotic communities. Boca Rantom. CRC Press. 310p.
- Kolattukudy, P.E.** 1970. Plantes Waxes: Lipids, 5: 259-275.
- Law, R.J.** 1981. Hydrocarbons concentrations in water and sediments from U.K. marine waters determined by fluorescence spectroscopy. Marine Pollution Bulletin 12: 153-157.
- Lima, S.N.P** 2001. Aspectos da herbivoria em área de maricultura da praia do Itagua, Ubatuba, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 89 p.
- Littler, M.M. & Littler, D.S.** 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of functional form model. American Naturalist 116: 25-44.
- Littler, M.M. & Littler, D.S. & Taylor, P.R.** 1983. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: Funcional-form groups of marine macroalgae. Jounal Phycology 19: 229-237.
- Littler, M.M. & Littler D.S.** 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky intertidal system. Experimental Marine Biology and Ecology 74: 13-34.
- Lüning, K.** 1990. Seaweeds their environment, biogeography, and ecophysiology. Wiley – Interscience Publication, pp. 527.
- Machado, K.R.S.** 1991. The role of post-settlement, predation and competition in a tropical

intertidal region at Praia Rasa, Búzios – Rio de Janeiro, Brasil. Master of Science at Dalhousie University Halifax, Nova Scotia, Canada, 102 p.

Machado K.R.S., Chapman, A.O & Coutinho, R. 1992. Patch structure in a tropical rocky shore community in Brazil: a mosaic of successional states? *Ophelia* 35: 187-195.

Marchand, M.H. 1980. The Amoco Cadiz Oil Spill. Distribution and evolution of hydrocarbon concentrations in seawater and marine sediments. *Environ. int.*, 4: 421-429.

Maroli, L., Sfriso, A. & Raccanelli, S. 1993. Concentrations of polychlorinated biphenyls and pesticides in different species of macroalgae from the Venice Lagoon. *Marine Pollution Bulletin* 26: 553-558.

Milanelli, J.C.C. 2003. Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião – São Paulo. Dissertação de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 293 p.

Morand, P. & Briand, X. 1996. Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance. *Botanica Marina* 39: 491-516.

Nienhuis, P.H. 1981. Distribution of organic matter in living marine organisms. *In: Marine Organic Chemistry. Evolution, composition, interactions and chemistry of organic matter in sea water.* E. K. Duursma & R. Dawson (eds.). Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 521 p.

Nonato, E. & Pérês J.M. 1961. Observation sur quelques peuplements intertidaux de substrat dur dans la region d'Ubatuba (Etat Spaulo). *Cahiers Biologie Marine* 2: 263-270.

North, W.J., Stephens & North, B.B. 1972. Marine algae and their relation to pollution problems. *In: Marine Pollution And Sea Life*, Mario Ruivo (ed), Fishing News (Books) Ltd. Londres, pp. 330-340.

Oliveira, L. 1947. Distribuição geográfica da fauna e da flora da Baía de Guanabara. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 45: 709-735.

- Oliveira, L.** 1951. Nota prévia sobre a fauna e flora marinha bentônica da Ilha de Trindade. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 49: 443-456.
- Oliveira Filho, E. C. & Berchez, F. A. S.** 1978. Algas marinhas bentônicas da Baía de Santos - Alteração na flora no período de 1957-1978. Boletim de Botânica do Estado de São Paulo 6: 49-59.
- Oliveira Filho, E.C. de. & Mayal, E.M.** 1976. Seasonal distribution of intertidal organisms at Ubatuba, São Paulo (Brazil). Revista Brasileira de Biologia 36: 305-316.
- Oliveira Filho, E. C. & Paula, E.J.** 1983. Aspectos da distribuição vertical e variação sazonal de comunidade na zona das marés em costões rochosos do litoral norte do estado de São Paulo. Anais do Primeiro Encontro de Macrófitas Marinhas. Instituto de Pesquisas da Marinha. Arraial do Cabo, pp. 44-61.
- Paine, RT.** 1977. Controlled manipulations in the marine intertidal zone and their contributions to ecological theory. Aquatic Ecology 12: 245-270.
- Paula, E.J. & Eston V.R** 1989. Secondary succession on an exposed rocky intertidal algal community of State of the São Paulo, Brasil. Botânica Universidade São Paulo, 11: 1-9.
- Pires-Vanin, A.M.S.** 2004. Avaliação da fauna bêntica e das áreas impactadas por contaminação orgânica no Canal de São Sebastião, SP. Simpósio Brasileiro de Oceanografia. São Paulo: Iousp. v2.
- Pupo, D.** 1996. Variação espacial e temporal dos propágulos de macroalgas marinhas e sua relação com o recrutamento na região de Arraial do Cabo e adjacências, RJ. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 280 p.
- Rawitscher, F. K.** 1944. Algumas noções sobre a vegetação do litoral brasileiro. Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros 4: 13-28.
- Rosso, S.** 1990. Estrutura de comunidades intermareais de substrato consolidado das proximidades da Baía de Santos (São Paulo, Brasil): uma abordagem descritiva enfatizando aspectos

metodológicos. São Paulo. Tese de Doutorado. Inst. de Biociências, Universidade de São Paulo, 217 p.

Russell, G.. 1980. Application of simple numerical methods to the analysis of intertidal vegetation.

In: PRICE, J. H., IRVINE, D. E. G. & FARNHAM, W. F. (eds). The Shore Environment. London, Academic Press. 17: 171-192.

Saliot, A. 1981. Natural hydrocarbons in the sea. *In*: Marine Organic Chemistry, Duursma, E.K.

and Dawson, R. (eds.), Elsevier, Amsterdam, pp. 327-374.

Santelices, B. 1990. Patterns of organization of intertidal and shallow subtidal vegetation in wave exposed habitats of central Chile. *Hydrobiologia*, 192: 35-57.

Schaeffer-Novelli, Y. 1990. Vulnerabilidade do litoral norte do estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados. Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo, Águas de Lindóia, São Paulo : Academia de Ciências do Estado de São Paulo. 2: 375-395.

Schonbeck, M.W. & Norton, T.A. 1978. Factors controlling the upper limits of furoid algae on the shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 31: 303-313.

Schonbeck, M.W. & Norton, T.A. 1980. Factors controlling the lower limits of furoid algae on the shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 43: 131-150.

Soares, I.D. 1995. Um modelo numérico de dispersão oceânica: aplicações ao Canal de São Sebastião e adjacências. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 126p.

Silva, L. dos S., Miranda, L.B. & Castro B.M. 2001. Relatório do Projeto da Plataforma Interna de São Sebastião (OPISS) Subprograma Oceanografia Física. Relatórios Técnicos inst. Oceanográfico. São Paulo. 47.1-31.

- Széchy, M.T.M. de** 1996. Estrutura de Bancos de *Sargassum* (Phaeophyta-Fucales) do litoral dos Estados do Rio Janeiro e São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 186 p.
- Taylor, W.R.** 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. University of Michigan Press. Ann. Arbor, 870 p.
- Thurman, E.M.** 1985. Organic geochemistry of natural waters. United States Geological Survey. Denver, Colorado, USA, 497 p.
- Thusby, G. & Steele, R.L.** 1989. seaweeds and marine toxicity testing . Maritimes, 33:5-7.
- Ugadim, Y.** 1973a. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. I-Divisão Chlorophyta. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, 1: 11-77.
- Ugadim, Y.** 1973b. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. II-Divisão Phaeophyta. Portugaliae Acta Biológica 12: 69-131.
- Ugadim, Y.** 1973c. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. III-Divisão Rhodophyta (3) *Ceramium* (Ceramiaceae- Ceramiales). Boletim zoologia e Biologia Marinha 30: 691-712.
- Ugadim, Y.** 1974. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná. III-Divisão Rhodophyta (1) Goniotrichales, Bangiales, Nemalionales e Gelidiales. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 2: 93-137.
- Ugadim, Y.** 1975. Algas marinhas bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná.. III-Divisão Rhodophyta (2) Cryptonemiales, Gigartinales e Rhodymeniales. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 3: 115-163.
- Ugadim, Y.** 1976. Ceramiales do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná (Brasil). Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 4: 133-172.
- UNEP/IAEA (United Nations Environment Programme)** 1991. Determinations of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference methods for marine pollution studies, 97 p.

- Vadas, R.L., Johnson, S. & Norton, T.A.** 1992. Recruitment and mortality of early post-settlement stages of benthic algae. *British Phycological Journal* 27: 331-351.
- Weber, R.R.** 1981. Hidrocarbonetos no ambiente marinho. Aspectos analíticos e ambientais. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 178 p.
- Weber, R.R.** 1998. Derrames de petróleo e os ecossistemas costeiros : Composição do petróleo e derivados, fontes e efeitos do óleo no mar, processos de degradação, processos de remoção e legislação nacional In: Harari, J, Coord. Curso de extensão cultural São Paulo: Iousp/Fundespa, pp. 1-15.
- Weber, R.R. & Bícigo, M.C.** 1991. Petroleum aromatic hydrocarbons in surface. e waters around Elephant Island Antartic Peninsula. *Mar. Pollut. Bull.*, 21(9): 448-449.
- Yoneshigue-Valentin & Valentin J.L.** 1992. Macroalgae of the Cabo Frio upwelling region, Brasil : ordination of communities. In: U. Seeliger (ed.), *Coastal Plant Communities of Latin America*, Academic Press, Inc. San Diego, pp. 31-50.
- Youngblood, W.W, Blumer, M., Guillard, R.L. & Fiori, F.** 1971. Saturated and Insaturated hydrocarbons in marine bentic algal. *Marine Biology* 8: 190-201.
- Zanardi, E.** 1996. Hidrocarbonetos no Canal de São Sebastião e Plataforma Interna Adjacente – influência do derrame de maio de 1994. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo, 112 p.

6. RESUMO/ABSTRACT

RESUMO – (Estrutura de comunidades de algas marinhas bentônicas no Canal de São Sebastião, SP e presença dos hidrocarbonetos de petróleo) Duas comunidades de algas marinhas bentônicas foram analisadas quanto à riqueza de espécies, grupos morfofuncionais e disponibilidade de propágulos na água superficial. A presença de hidrocarbonetos de petróleo na água do mar e em algas selecionadas das duas comunidades do Canal também foi analisada, com o objetivo de determinar se as algas podem ser utilizadas no monitoramento de ecossistemas marinhos, como bioindicadoras de contaminação por petróleo. O estudo de comunidades foi realizado do inverno de 2003 ao de 2004, na região litorânea da Praia das Cigarras, São Sebastião e da Ponta da Sela, Ilhabela, a partir de amostragens aleatórias destrutivas e não-destrutivas. Para a detecção dos hidrocarbonetos, os n-alcenos foram utilizados como marcadores e as amostragens foram sazonais, da primavera de 2003 ao inverno de 2004, nas mesmas estações de estudo. As amostras de algas foram submetidas à extração e as de água à partição com n-hexano, sendo as fases hexânicas concentradas a vácuo e analisadas por cromatografia gasosa e espectroscopia de massas. Foram identificados 58 táxons durante o estudo: 36 Rhodophyta, 10 Chlorophyta e 12 Phaeophyta. A Praia das Cigarras apresentou maior diversidade de espécies, sobretudo de algas vermelhas, predominando espécies dos grupos coriáceo e não-coriáceo. Na Ponta da Sela, ocorreu maior número de algas pardas, predominando os grupos filiforme e laminar. Em relação aos propágulos, a Ponta da Sela apresentou maior densidade e diversidade, predominando algas verdes no verão e pardas no inverno. A ocorrência na Sela de amplas extensões de tapetes, formados, sobretudo, por espécies filiformes, sugere a existência de maior estresse físico, devido às condições de maior dessecação na região litorânea. Nas Cigarras, as algas dispõem de maior concentração de nutrientes, devido à poluição orgânica no local. Todas as amostras de água e algas apresentaram a presença de n-alcenos, dentre outros hidrocarbonetos característicos do petróleo. A maior diversidade de n-

alcanos foi observada em coralináceas, tais como *Jania adhaerens* J. V. Lamour. e *Corallina officinalis* L. Em *Laurencia filiformis* (C. Agardh) Mont. e em *Sargassum* spp., a diversidade foi acentuadamente menor. Pode-se afirmar que as algas coralináceas mostram-se adequadas para exercerem o papel de bioindicadoras de poluição por petróleo.

Palavras-chave: algas marinhas, bioindicadores, distribuição, ecologia de comunidades, morfofunção, poluição marinha.

ABSTRACT – (Structure of benthic marine algal communities at Canal de São Sebastião, SP, and presence of oil hydrocarbons). Two algal communities were analysed in relation to species richness, functional-form groups, and propagule availability in the superficial water. The presence of oil hydrocarbons in the marine water and in selected algae was analysed in both coastal communities of the Canal, with the purpose to determine if algae can be utilized in marine ecosystem monitoring, as bioindicators of oil contamination. The community study was carried out from Winter 2003 to Winter 2004, in the littoral region of Praia das Cigarras, at São Sebastião and Ponta da Sela, at Ilhabela, through destructive and non-destructing random samplings. For hydrocarbons detection, n-alkanes were chosen as markers, and samplings were seasonal, from Spring 2003 to Winter 2004, at the same locations. The algae samples were submitted to extraction, and those of water to partition with n-hexane. Hexanic phases were concentrated by vacuum and analyzed by gas chromatography, and mass spectroscopy. Fifty eight taxa were identified during the study: 36 Rhodophyta, 10 Chlorophyta and 12 Phaeophyta. Praia das Cigarras presented higher species diversity, mainly red algae, prevailing coreaceous and non-coreaceous groups. At Ponta da Sela, it occurred more species of brown algae, prevailing filiform and sheet groups. In relation to the propagules, Ponta da Sela presented higher diversity and density, prevailing green algae at Summer, and brown algae at Winter. The occurrence of large extensions of turfs at Sela, formed mainly by filiforms, suggests the existence of higher physical stress, due to desiccation conditions at littoral region. At Cigarras algae are well provided with higher nutrient concentrations, due to local

organic pollution. All water and algae samples showed presence of n-alkanes, from among other characteristic oil hydrocarbons. Higher diversity of n-alkanes was observed in corallines, such as *Jania adhaerens* J. V. Lamour. and *Corallina officinalis* L. In *Laurencia filiformis* (C. Agardh) Mont. and *Sargassum* spp., the diversity was markedly low. It can be asserted the coralline algae show to be adequated to exert an oil pollution bioindicator role.

Key words: bioindicators, community ecology, distribution, function-form, marine algae, seaweeds