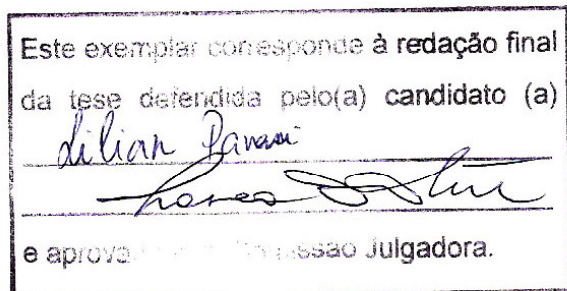


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

Lilian Pavani

**ANFÍPODES GAMARÍDEOS ASSOCIADOS A BANCOS DE *Sargassum*
(PHAEOPHYCEAE, FUCALES) EM AMBIENTES SUJEITOS À
CONTAMINAÇÃO POR HIDROCARBONETOS DE PETRÓLEO**



**Dissertação apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Estadual de
Campinas para obtenção do título de
Mestre em Ecologia**

Orientadora: Profª Dra. Fosca Pedini Pereira Leite

Campinas, 2009

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

P288a

Pavani, Lilian

Anfípodes gamarídeos associados a bancos de *Sargassum* (Phaeophyceae, Fucales) em ambientes sujeitos à contaminação por hidrocarbonetos de petróleo / Lilian Pavani. – Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientadora: Fosca Pedini Pereira Leite.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Variação (Biologia). 2. Hidrocarbonetos - Toxicologia. 3. Biologia costeira. 4. Costões rochosos. 5. Canal de São Sebastião. I. Leite, Fosca Pedini Pereira. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Título em inglês: Gammaridean amphipods associated to *Sargassum* beds (Phaeophyceae, Fucales) from sites submitted to petroleum hydrocarbons contamination.

Palavras-chave em inglês: Variation (Biology); Hydrocarbons – Toxicology; Seashore biology; Rocky shore; São Sebastião's Channel.

Área de concentração: Ecologia.

Titulação: Mestre em Ecologia.

Banca examinadora: Fosca Pedini Pereira Leite, Marcel Okamoto Tanaka, Luiz Francisco Lembo Duarte.


Data da defesa: 21/08/2009.

Programa de Pós-Graduação: Ecologia.

Campinas, 21 de agosto de 2009

Banca examinadora

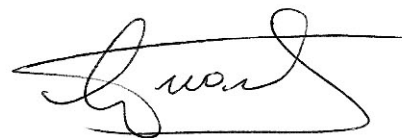
Profª Dra. Fosca Pedini Pereira Leite (orientadora)



Prof. Dr. Marcel Okamoto Tanaka



Prof. Dr. Luiz Francisco Lembo Duarte



Prof. Dr. Flávio Dias Passos

Dr. Gustavo Muniz Dias

Todo esforço, tempo e conquistas adquiridas durante
este trabalho são dedicados aos meus pais e ao Fábio.
Amo vocês.

Agradecimentos

À minha orientadora, Prof^a Dra. Fosca Pedini Pereira Leite, por mais uma vez aceitar-me em seu laboratório e contribuir para a minha formação profissional.

Ao Prof^o Dr. Marcel Okamoto Tanaka pela imensa paciência e disponibilidade em ajudar nas análises estatísticas.

À Prof^a Dra. Márcia Bícego, à Dra. Satie Taniguchi e Marília Gabriela Batista, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, pela realização das análises químicas indispensáveis a este trabalho.

À Silvana G. L. Siqueira, companheira deste projeto, pelo auxílio nas dificuldades e discussões sobre os rumos de nossas pesquisas.

Aos técnicos do CEBIMAR, Joseph, Zé Hilton e Eduardo, pela essencial colaboração nas coletas.

Ao Fábio, por todo apoio, carinho, incentivo e paciência.

Aos amigos Ana Paula, Carlos, Carol, Daiane, Danilo, Edson, Eduardo, Gil, Ingrid, Izadora, Laryssa, Luíza, Mariane, Sérgio e Simone, pelo companheirismo, risadas, crescimento pessoal, auxílio e colaboração para o desenvolvimento desta dissertação. A amizade de vocês foi essencial à minha sobrevivência durante este período!

À FAPESP, pela concessão de bolsa e reserva técnica (processo 06/59406-2), ao CEBIMAR, pelo apoio logístico a ao CNPq, pelo apoio ao projeto através da aprovação do edital Universal.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
<i>CAPÍTULO 1 – GRUPOS TRÓFICOS DE ANFÍPODES GAMARÍDEOS EM AMBIENTES COM A PRESENÇA DE HIDROCARBONETOS DERIVADOS DE PETRÓLEO</i>	4
Introdução	4
Material e Métodos	7
Área de estudo	7
Procedimento de amostragem	9
Procedimento em laboratório	10
Análise dos dados	10
Resultados	13
Discussão	21
<i>CAPÍTULO 2 – DIVERSIDADE DE ANFÍPODES GAMARÍDEOS ASSOCIADOS A SARGASSUM NA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS</i>	26
Introdução	26
Material e Métodos	28
Área de estudo	28
Procedimento de amostragem	30
Procedimento em laboratório	30
Análise dos dados	30
Resultados	32
Discussão	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO 1 – Fotos dos locais de coleta	63
ANEXO 2 - Métodos utilizados nas análises químicas	66
ANEXO 3- Tabela de dados de diversidade	68

RESUMO

Na região do Canal de São Sebastião, onde opera o maior terminal petrolífero do Brasil, há extensos bancos de algas pardas do gênero *Sargassum* e anfípodes associados, mas também existem hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos de petróleo na água e no sedimento. Sabe-se que os anfípodes são eficientes bioindicadores de qualidade ambiental, assim como as algas são importantes bioacumuladores. Avaliou-se a presença de hidrocarbonetos em *Sargassum* e buscou-se relacionar suas concentrações com distâncias crescentes a partir do terminal, tanto ao norte quanto ao sul da Ilha de São Sebastião. Essas concentrações e distâncias também foram utilizadas para verificar a estruturação das comunidades de anfípodes do fital de *Sargassum*. Essa avaliação foi feita para anfípodes, abordando-se a composição de grupos tróficos e de espécies. Não foi constatada relação entre as distâncias e concentrações de hidrocarbonetos presentes nas algas e na estruturação das comunidades de anfípodes em nenhuma das abordagens. No entanto, notou-se correspondência entre elas, o que indica que a identificação em famílias para o estabelecimento de grupos tróficos pode ser eficiente numa avaliação ambiental mais rápida. Também se obteve importante informação em relação à fauna de anfípodes do litoral do Estado de São Paulo, uma vez que ainda não havia estudos na Ilha de São Sebastião e a fauna de ilhas do estado ainda é pouco conhecida.

ABSTRACT

In the São Sebastião Channel region, where operates the greatest Brazilian petroliferous terminal, there are extensive banks of the brown seaweed *Sargassum* with many associated amphipods, but also polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons, which are present both in sediment and water. The amphipods are known to be efficient bioindicators of environmental quality, as well as the seaweed are important bioaccumulators. The presence of hydrocarbons in *Sargassum* and its relationship with increasing distances from the terminal, both north and south of the São Sebastião Island, was evaluated. These concentrations and distances were also used to verify the structure of amphipod communities associated to *Sargassum*. This evaluation was made for amphipods identified in trofic groups and in species. There was no significant relationship between distances from the terminal and concentrations of hydrocarbons in the seaweed or the estructure of the amphipod communities. However, correspondence between the aproachs (trofic groups and species) was noticed, which indicates that the identification in families for the establishment of trofic groups can be efficient in a faster ambient evaluation. Also, important information related to amphipods of the São Paulo State coast was achieved, as far as the fauna of São Sebastião Island was first studied and the islands fauna of the State are still little known.

INTRODUÇÃO GERAL

O efeito do petróleo sobre os organismos marinhos têm sido avaliado nos últimos anos (Milanelli, 1994; Lopes *et al.*, 1997; Milanelli, 2003), no entanto, investigações direcionadas a espécies bioindicadoras ou bioacumuladoras de contaminantes de petróleo ainda são escassas, assim como avaliações mais amplas dos efeitos do petróleo sobre comunidades marinhas.

Estudos para avaliação de hidrocarbonetos de petróleo em água e sedimento já foram realizados na região do Canal de São Sebastião, atestando sua contaminação por compostos alifáticos e aromáticos (Weber *et al.*, 1998, Zanardi *et al.*, 1999a; Zanardi *et al.*, 1999b; Medeiros & Bicego, 2004). Os hidrocarbonetos alifáticos são pouco tóxicos, mas apresentam efeitos anestésicos e narcotizantes (Evans & Rice, 1974; Gerlach, 1976), já os hidrocarbonetos aromáticos são extremamente tóxicos e muitos têm efeito carcinogênico comprovado (Gerlach, 1976).

Desse modo, pode haver conseqüências de derramamentos de petróleo, mesmo que de pequenas dimensões, sobre as comunidades marinhas (Evans & Rice, 1974). Efeitos indiretos como redução da fecundidade, da taxa de fertilização, além de alterações morfológicas e fisiológicas podem não resultar em mortalidade dos organismos, mas causam sérias alterações populacionais, que por sua vez, modificam ou desestruturam as comunidades (Cairns & Buikema, 1984).

Alterações morfológicas e reprodutivas também já foram detectadas em algas expostas a petróleo (Maurat, 1996). Algas marinhas, particularmente as feofíceas como *Sargassum*, têm sido utilizadas no monitoramento de hidrocarbonetos, metais pesados e organoclorados (Taniguchi, 2002).

Bancos de *Sargassum* (Phaeophyta - Fucales) são muito abundantes em diversas localidades da costa brasileira (Eston *et al.*, 1986), ocorrendo em costões rochosos a partir da franja de infralitoral até 100 m de profundidade (Xavier, 2000). Na costa sudeste os bancos de *Sargassum* são particularmente conspícuos em costões de áreas rasas, podendo representar mais de 80% da cobertura e biomassa de algas em determinadas regiões do litoral dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Paula & Oliveira Filho, 1980; Paula & Eston, 1987; Széchy & Paula, 2000).

Muitas espécies de anfípodes ocorrem associadas aos bancos de *Sargassum* do litoral paulista (Tararam & Wakabara, 1981; Wakabara *et al.*, 1983; Leite *et al.*, 2000; Jacobucci *et al.*, 2002; Tanaka & Leite, 2003; Leite *et al.*, 2007). Esses crustáceos da epifauna vágil destacam-se pela sua representatividade em termos de abundância e riqueza de espécies em comunidades de macrófitas de todo o mundo (Mukai, 1971; Edgar, 1983; Norton & Benson, 1983; Gunnill, 1985) e constituem um importante recurso alimentar para várias espécies de peixes (Tararam, 1982; Zamprogno, 1989; Dubiaski-Silva, 1999).

Devido a sua importância ecológica, representatividade numérica, reduzida mobilidade e sensibilidade a uma variedade de poluentes, os anfípodes vêm sendo apontados como eficientes bioindicadores de qualidade ambiental do ambiente marinho (Thomas, 1993; Conlan, 1994). A sensibilidade da fauna de anfípodes de substrato não consolidado à contaminação por petróleo e seu valor como bioindicador de recuperação ambiental já foram confirmados em vários estudos (Sanders *et al.*, 1980; Bonsdorff *et al.*, 1990; Dauvin & Gentil, 1990; Nikitik & Robinson, 2003). Modificações na estrutura trófica de taxocenoses de anfípodes associadas a algas foram registradas em função da distância de fontes de esgoto doméstico (Smith & Simpson, 1992). No entanto, a influência de hidrocarbonetos em taxocenoses associadas a algas ainda não foi investigada.

É de extrema importância a descrição de fatores antrópicos que possam causar consequências às comunidades marinhas e a potencial utilização de anfípodes para o biomonitoramento. Portanto, este estudo avalia a composição desta taxocenose em relação a locais sujeitos à contaminação crônica por hidrocarbonetos derivados de petróleo, no Canal de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo.

CAPÍTULO 1 – GRUPOS TRÓFICOS DE ANFÍPODES GAMARÍDEOS EM AMBIENTES COM A PRESENÇA DE HIDROCARBONETOS DERIVADOS DE PETRÓLEO

Introdução

Testes toxicológicos realizados em laboratório indicam a suscetibilidade de um organismo a uma determinada substância, mas estes estudos não oferecem previsões confiáveis sobre o impacto no ambiente natural (Clark, 2001, Rohr *et al.*, 2006). Os efeitos indiretos de substâncias tóxicas são mais comuns e complexos que seus efeitos diretos e podem gerar na comunidade resultados semelhantes à ação de predadores ou competidores existentes no ambiente, podendo ser interpretados à luz de teorias ecológicas relacionadas a esses temas (Rohr *et al.*, 2006).

Uma abordagem mais realista é examinar a resposta da comunidade *in situ*. A maioria dos estudos desenvolvidos em campo trata do impacto de alterações ambientais sobre a diversidade local (Hir & Hily, 2002; Nikitik & Robinson, 2003) ou populações específicas (Viganò *et al.*, 2007; Soliman & Wade, 2008), mas a identificação de todas as espécies é delicada e consome grande quantidade de tempo. Para o propósito de detectar impacto de poluição, a identificação em táxons superiores (família, ordem, filo) pode ser adequada (Clark, 2001) e a utilização de grupos funcionais pode render um resultado de mais fácil interpretação do ponto de vista ecológico (Bremmer *et al.*, 2003; Roberts & Connell, 2008).

Na região do Canal de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo, opera o Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS), que armazena e distribui 55% do petróleo usado no Brasil. Incidentes causados por tanques ou dutos na região são frequentes, assim como o

tráfego de navios petroleiros e barcos de pesca e passeio (Furtado, 1987; Lopes *et al.*, 1997). Essa característica expõe o ambiente local a concentrações baixas, mas constantes de hidrocarbonetos derivados de petróleo (Weber *et al.*, 1998). Nesse mesmo local existe grande quantidade de bancos de *Sargassum*, alga parda bastante estudada quanto à sua fauna associada, especialmente de anfípodes, que ocorrem em grande abundância e diversidade (Tararam & Wakabara, 1981; Wakabara *et al.*, 1983; Leite *et al.*, 2000; Jacobucci *et al.*, 2003; Tanaka & Leite, 2003; Leite *et al.*, 2007; Jacobucci *et al.*, 2009).

Os anfípodes ocupam uma variedade de ambientes, ocorrendo em sistemas terrestres (Matavelli *et al.*, 2009), dulcícolas (Väinölä *et al.*, 2008) e marinhos, onde vivem tanto no sedimento (Moreira *et al.*, 2008a; Moreira *et al.*, 2008b) quanto em bancos de macroalgas (Leite *et al.*, 2000; Jacobucci *et al.*, 2003; Tanaka & Leite, 2003; Jacobucci *et al.*, 2009; Leite *et al.*, 2007). Estes organismos têm sido amplamente utilizados em estudos sobre toxicidade e biomonitoramento por sua facilidade de manutenção em laboratório, disponibilidade em número de indivíduos e alta taxa reprodutiva (Thomas, 1993, Conlan, 1994).

Programas de monitoramento têm usado anfípodes para avaliar efeitos ambientais de derrames de óleo (Thomas, 1993; Nikitik & Robinson, 2003; Guerra-García *et al.*, 2003; Junoy *et al.*, 2005), sendo observado declínio na população (Nikitik & Robinson, 2003) e correspondência significativa entre a composição da fauna e os parâmetros de hidrocarbonetos encontrados em sedimentos (Guerra-García *et al.*, 2003).

As algas marinhas que oferecem abrigo e alimento à fauna associada (Russo, 1989; Ince *et al.*, 2007) são também eficientes bioacumuladores de metais e hidrocarbonetos petrogênicos, o que propicia a sua utilização como bioindicadores (Taniguchi, 2002). Um estudo demonstrou experimentalmente que *Sargassum linearifolium* contaminado com

cobre apresentou menor taxa de colonização pela fauna em campo do que em testes realizados em laboratório (Roberts *et al.*, 2006). Em outro trabalho foi determinado que a abundância de anfípodes herbívoros foi negativamente relacionada à quantidade de cobre presente na alga *Padina crassa* (Roberts *et al.*, 2008), evidenciando o efeito dos contaminantes presentes nas algas sobre a fauna. Assim, a contaminação de macroalgas pode representar ameaça à epifauna em regiões sujeitas a contaminações, como áreas portuárias e de influência urbana direta (Roberts *et al.*, 2008).

Visto que podem ocorrer efeitos adversos da contaminação de algas sobre a sua fauna associada, em especial os anfípodes, buscou-se avaliar a composição e variação na densidade de anfípodes gamarídeos associados a *Sargassum* sp., em locais sob influência crônica de hidrocarbonetos derivados de petróleo na Ilha de São Sebastião. Levando-se em conta que em caso de avaliação rápida de impacto ambiental pode-se optar pela identificação de organismos em grupos taxonômicos superiores, os anfípodes foram identificados em famílias e incluídos em grupos funcionais, verificando-se sua possível utilização como bioindicadores e seu potencial para biomonitoramento.

Material e Métodos

Área de estudo

Na Ilha de São Sebastião foram selecionados seis costões rochosos voltados para o Canal de São Sebastião, tendo o Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS) como marco zero (Tabela 1, ANEXO 1). Assim, três destes costões (Ponta das Canas, Praia do Sino e Viana/Barreiros) estão situados ao norte do DTCS e os outros três (Ponta da Sela, Praia do Curral e Praia do Oscar) ao sul do mesmo (Figura 1). Esses costões apresentam distâncias regulares entre si e condições hidrodinâmicas semelhantes. Em relação ao DTCS, os pontos 1 e 4 são os mais afastados, os pontos 2 e 5 estão em distâncias intermediárias e os pontos 3 e 6 são os mais próximos.

O acesso aos pontos foi realizado por barco cedido pelo CEBIMar (Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo) e as amostragens foram realizadas no início do outono (março de 2007) e final do inverno (setembro de 2007).

Tabela 1: Costões amostrados na Ilha de São Sebastião e suas localizações geográficas

Pontos	Costões	Distância do DTCS	Coordenadas
1	Ponta da Sela	11,24 Km	23°53.095' S 45°27.212' W
2	Praia do Curral	8,61 Km	23°52.102' S 45°26.044' W
3	Praia do Oscar	4,25 Km	23°50.386' S 45°24.050' W
4	Ponta das Canas	9,2 Km	23°43.721' S 45°20.524' W
5	Praia do Sino	7,2 Km	23°44.792' S 45°20.945' W
6	Viana / Barreiros	5,8 Km	23°45.641' S 45°21.047' W

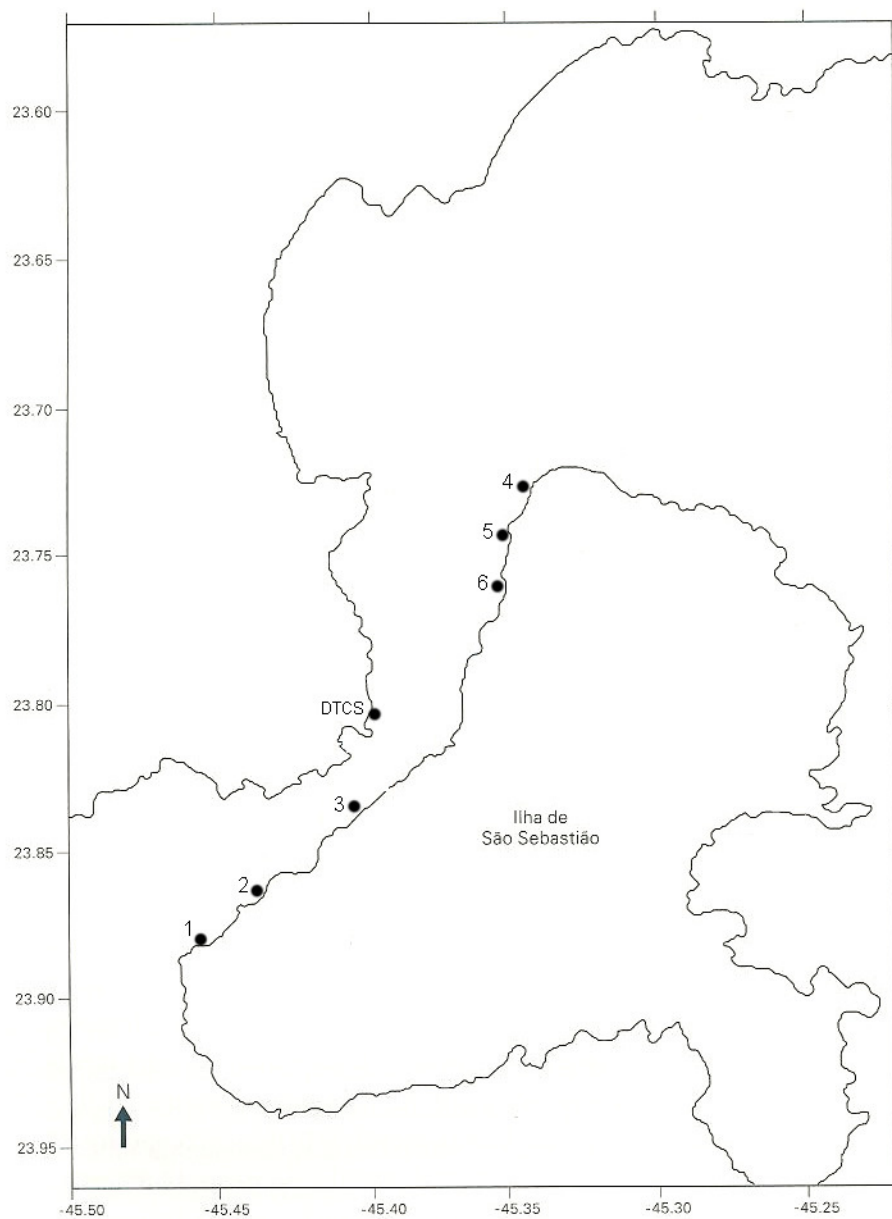


Figura 1: Mapa da região de estudo evidenciando a localização dos costões amostrados e a localização do Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS).

Procedimento de amostragem

Em cada costão rochoso foram coletadas, aleatoriamente, dez frondes de *Sargassum*. As amostragens foram realizadas entre 1 e 2m de profundidade através de mergulho livre. As frondes foram cobertas com sacos de tecido de malha de 0,2mm, para impedir a fuga da fauna associada, e foram transportadas até o laboratório do CEBIMar. As algas foram mantidas no freezer até que os organismos não apresentassem sinais vitais. Após este resfriamento, foram lavadas em água do mar e a fauna foi retirada e fixada em álcool a 70%. As algas lavadas foram congeladas para posterior secagem e pesagem. O peso seco das algas foi utilizado posteriormente para as análises estatísticas.

Para análise dos hidrocarbonetos presentes nas algas, amostras de *Sargassum* foram colocadas em sacos de tecido novos (sem uso anterior) de malha 0,2mm e, logo em seguida, transferidas para bandejas de alumínio previamente calcinadas em mufla a 400°C, conforme Weber *et al.* (1998). As bandejas foram mantidas em caixa com gelo durante o trajeto até o laboratório. As bandejas foram então abertas para a seleção de folíolos de *Sargassum*, eliminando epífitas que poderiam influenciar na análise de hidrocarbonetos. Os folíolos foram separados utilizando-se pinças esterilizadas, até totalizarem aproximadamente 20g em cada amostra, e foram re-embalados em novas bandejas calcinadas e congeladas. O material foi levado para o laboratório de Química Orgânica Marinha do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo para o procedimento de quantificação de hidrocarbonetos.

Procedimento em laboratório

No laboratório a fauna previamente fixada em álcool a 70% foi triada sob estereomicroscópio e os anfípodes foram identificados em famílias. Baseado em informações da literatura (Ruffo, 1998; Leite *et al.*, 2000; Myers & Lowry, 2003), foi realizada a separação das famílias em grupos funcionais segundo seu hábito alimentar. As algas que abrigavam a fauna foram secas em estufa à 70°C por 48h e pesadas em balança com precisão de 0,001g. O peso foi utilizado para a obtenção da densidade de anfípodes.

As amostras de alga para as medidas de hidrocarbonetos foram analisadas através de ensaios de cromatografia gasosa, conforme ANEXO 2. Os valores de hidrocarbonetos encontrados nas algas foram utilizados como referência para cada local de coleta.

Análise dos dados

A partir da cromatografia gasosa obteve-se os valores de hidrocarbonetos totais, alifáticos (frações e totais) e policíclicos aromáticos totais (PAHs). Para determinar se a concentração de hidrocarbonetos totais presentes nas algas depende da distância dos pontos em relação ao DTCS, procedeu-se a uma regressão linear simples. Também foi realizado cálculo da razão pristano/fitano dos hidrocarbonetos alifáticos encontrados nas algas visando o reconhecimento da origem desses hidrocarbonetos, se naturais ou antropogênicos. O pristano (C₁₉) e o fitano (C₂₀) são os isoprenoides mais comuns na maioria dos sedimentos marinhos, pois estão presentes em todos os tipos de petróleo e também em fontes naturais. O pristano é mais comum entre os hidrocarbonetos biogênicos, enquanto que o fitano raramente é biossintetizado. Sendo assim, pode-se utilizar a razão pristano/fitano para diferenciar a origem dos hidrocarbonetos nos sedimentos, devendo

funcionar da mesma forma para organismos marinhos bioacumuladores como as algas. Em amostras não contaminadas por óleo, a razão é maior que um, normalmente entre 3 e 5 (Steinhauer & Boehm, 1992).

Além da razão pristano/fitano, dentre os alifáticos a concentração da mistura complexa não resolvida (UCM) é importante na determinação da origem dos hidrocarbonetos e foi obtida neste estudo. Essa mistura provoca uma elevação nos picos resultantes da cromatografia gasosa, caracterizada por uma mistura de compostos ramificados e cíclicos presentes no petróleo que não podem ser separados por essa técnica. Normalmente, estão associados aos compostos do óleo que são resistentes à degradação.

O número de indivíduos de cada família foi dividido pelo peso seco de sua fronde de origem para a obtenção da densidade. Esse procedimento foi adotado porque as algas não apresentam tamanhos e pesos semelhantes, o que pode influenciar na abundância de indivíduos encontrados. Assim optou-se por utilizar uma medida padronizada de número de indivíduos por grama.

Quatro grupos tróficos principais, também chamados de grupos funcionais, foram determinados a partir de dados da literatura (Ruffo, 1998; Leite *et al.*, 2000; Myers, 2003): predadores, herbívoros, comedores de partículas (formado por suspensívoros, detritívoros e filtradores) e onívoros. As famílias encontradas neste estudo foram agrupadas segundo o seu hábito alimentar (Tabela 2) e os valores das densidades de indivíduos por família foram somados por fronde para formar a densidade de cada grupo trófico. A composição de grupos tróficos em porcentagem de ocorrência foi obtida através da abundância total de indivíduos em cada grupo.

Para a realização de testes estatísticos, o valor da densidade dos grupos funcionais foi transformado para $\log(x+1)$. Assim, efetuou-se uma ANOVA hierárquica para comparar os

períodos e pontos de amostragem, seguida de um teste de Tukey para analisar as diferenças entre os pontos quando esta ocorreu.

Para avaliar a semelhança das comunidades procedeu-se ao cálculo do índice de Bray-Curtis, transformando os dados também para $\log(x+1)$, seguido de Escalonamento Multidimensional não Métrico (MDS) para representar visualmente a ordenação das amostras. Análises de similaridade (ANOSIM) foram utilizadas para testar a semelhança entre os pares de amostras, sendo os grupos tróficos avaliados segundo sua contribuição através do método de porcentagem de similaridade SIMPER.

Tabela 2: Distribuição das famílias de anfípodes encontradas em grupos tróficos

Grupos tróficos	Famílias
<i>Comedores de partículas</i>	Corophiidae
	Ischyroceridae
	Leucothoidae
	Melitidae
	Podoceridae
<i>Herbívoros</i>	Ampithoidae
<i>Onívoros</i>	Hyalidae
<i>Predadores</i>	Amphilochidae
	Bateidae
	Lysianassidae
	Stenothoidae

Resultados

As distribuições dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), alifáticos totais, a razão pristano/fitano e a concentração de UCM encontrados nas algas estão indicados na Tabela 3. Não houve relação entre as distâncias dos pontos ao DTCS e as concentrações de PAHs totais ($R^2=0,413$; $p=0,168$) e alifáticos totais ($R^2=0,213$; $p=0,357$). A maioria dos pontos apresentou razão pristano/fitano próximo à 1, o que pode ser entendido como indício de influência antropogênica. O ponto 1 (Ponta da Sela) foi o que apresentou maior concentração de alifáticos totais e da mistura complexa não resolvida (UCM), indício de que essa região pode estar sob maior influência antrópica.

A respeito dos pontos com distâncias equivalentes a partir do DTCS, os pontos 3 e 6, que são os mais próximos, foram os que apresentaram as concentrações mais semelhantes de alifáticos totais, semelhança esta não mantida para os PAHs. Apesar de não haver relação significativa com as distâncias, os hidrocarbonetos alifáticos tiveram as maiores concentrações nos pontos mais distantes, as menores concentrações nos pontos intermediários e as concentrações intermediárias nos pontos mais próximos (Figura 2).

Tabela 3 - Concentração de hidrocarbonetos alifáticos ($\mu\text{g/g}$) e aromáticos (ng/g), razão pristano/fitano e UCM ($\mu\text{g/g}$) em cada ponto de coleta no primeiro período de amostragem (outono)

Pontos	Alifáticos totais	Pristano/Fitano	UCM	PAHs totais
1	244,32	1,2	138	243
2	108,98	1,0	21,7	36,8
3	161,75	1,0	83,7	53,3
4	190,27	n.c.*	72,2	35,6
5	93,71	1,4	33,9	62
6	164,03	0,4	80,9	34,5

* não calculado – fitano abaixo do limite de detecção

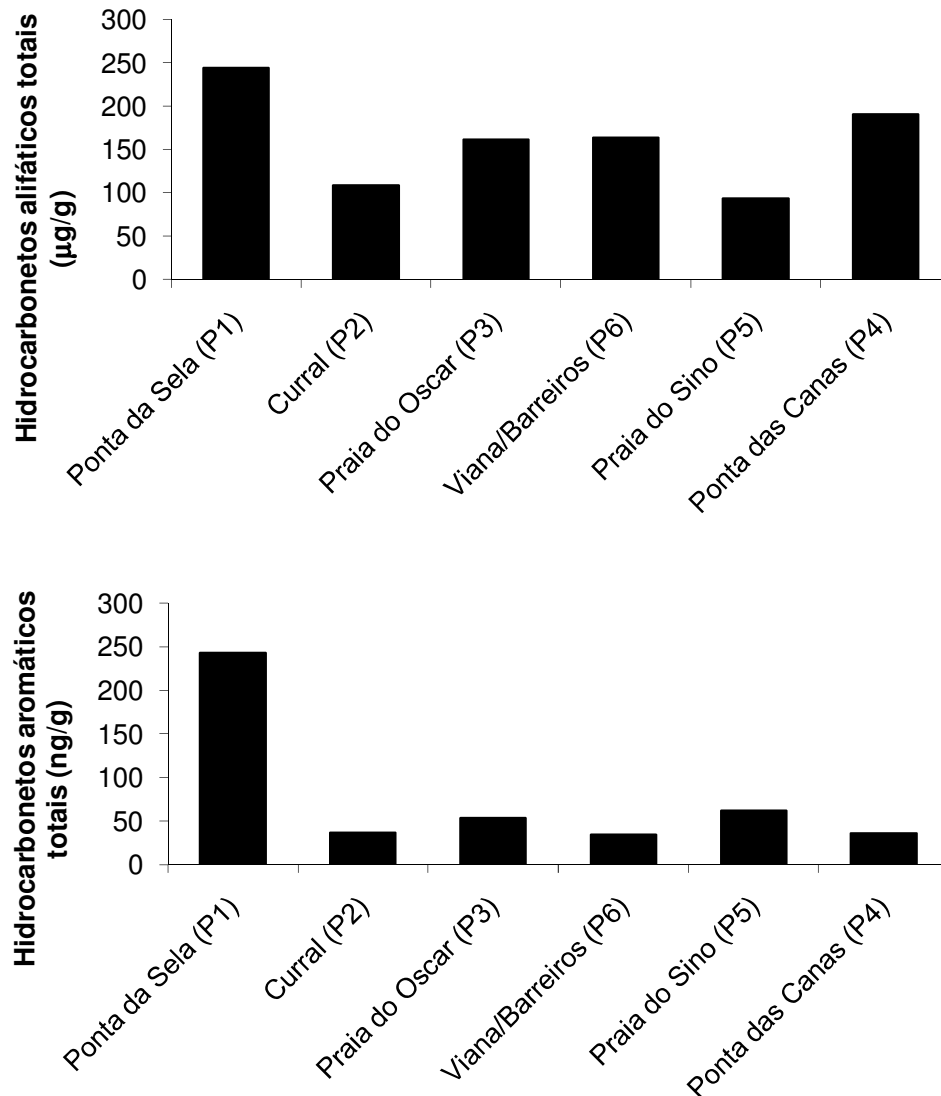


Figura 2- Concentração de hidrocarbonetos alifáticos totais (µg/g) e policíclicos aromáticos totais (ng/g) em *Sargassum* dos pontos amostrados no outono

Foram encontrados 33.609 anfípodas, todos identificados em famílias e distribuídos dentre os quatro grupos tróficos delimitados. A abundância total de cada família por período amostrado pode ser visualizada na Figura 3. As densidades de três dos grupos tróficos foram significativamente diferentes entre as estações do ano: herbívoros ($F=69,06$; $gl=1$; $p<0,001$), onívoros ($F=29,236$; $gl=1$; $p=0,002$) e predadores ($F=29,170$; $gl= 1$;

$p=0,002$). Já entre os locais, as diferenças foram observadas para os onívoros ($F=9,950$, $gl=5$; $p=0,007$) entre os pontos 2 e 5, 2 e 6 e 3 e 6 (Tukey $p<0,05$) e para os predadores ($F=11,341$; $gl= 5$; $p=0,005$) entre os pontos 1 e 3, 2 e 6 e 3 e 6 (Tukey $p<0,05$). Os resultados obtidos no teste de variância ANOVA estão representados na Tabela 4.

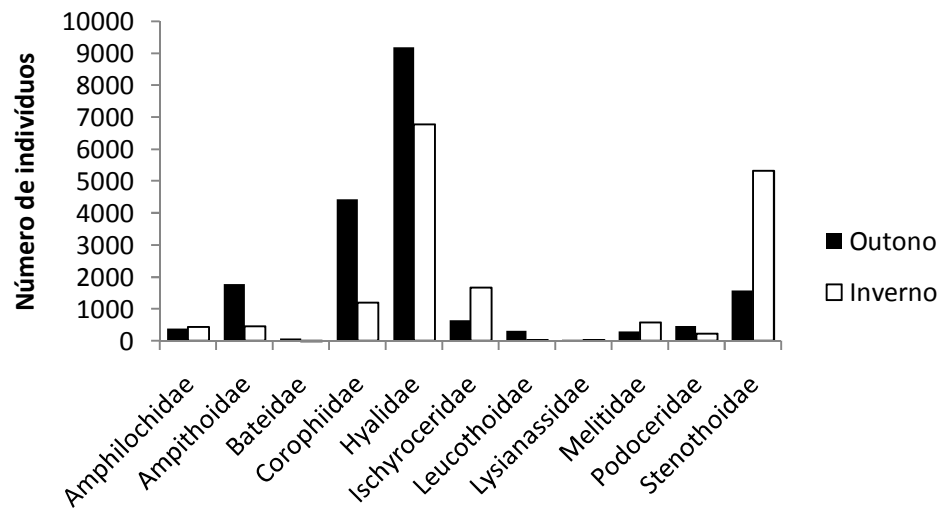


Figura 3 – Abundância total das famílias em cada período amostrado

Tabela 4 – Resultados da ANOVA hierárquica comparando os grupos nos pontos e períodos de amostragem. (gl=graus de liberdade; F=variação entre médias amostrais/variação entre indivíduos dentro das amostras; p=probabilidade)

Variável		gl	F	p
Comedores de Partículas	Mês	1	0,639	0,455
	Ponto	5	1,255	0,39
Herbívoros	Mês	1	69,06	0
	Ponto	5	1,642	0,281
Onívoros	Mês	1	29,236	0,002
	Ponto	5	9,95	0,007
Predadores	Mês	1	29,17	0,002
	Ponto	5	11,341	0,005

O teste de similaridade (ANOSIM) demonstrou que as comunidades foram significativamente diferentes entre as estações ($R=0,453$; $p=0,001$), sendo que os grupos que mais contribuíram para a diferença entre os períodos foram os onívoros (30,26%) e herbívoros (26,70%) e os que menos contribuíram foram os predadores (22,04%) e comedores de partículas (21,01%). A densidade total de indivíduos em cada período está representada na Figura 4 e a porcentagem de cada grupo por ponto amostrado no outono e no inverno está representada na Figura 5

O gráfico de MDS mostra o ordenamento das amostras nas duas estações do ano (Figura 6). Nota-se que existe uma distinção entre os dois períodos amostrados, sendo um grupo formado pelas amostras do outono (mês de março – símbolos fechados) e outro grupo formado pelas amostras do inverno (mês de setembro – símbolos abertos).

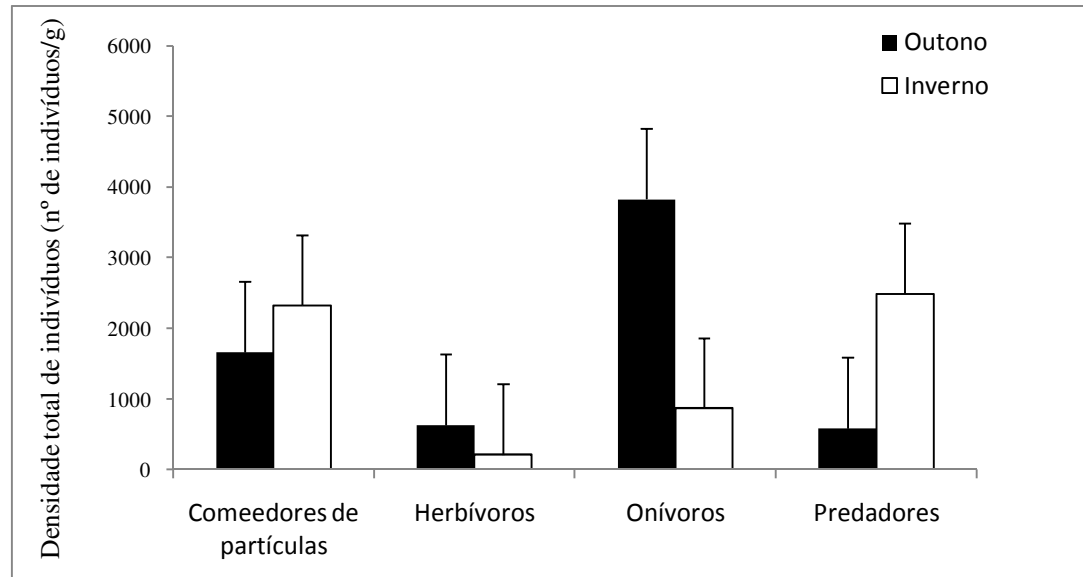


Figura 4 – Densidade total de indivíduos por grupo trófico no outono e no inverno

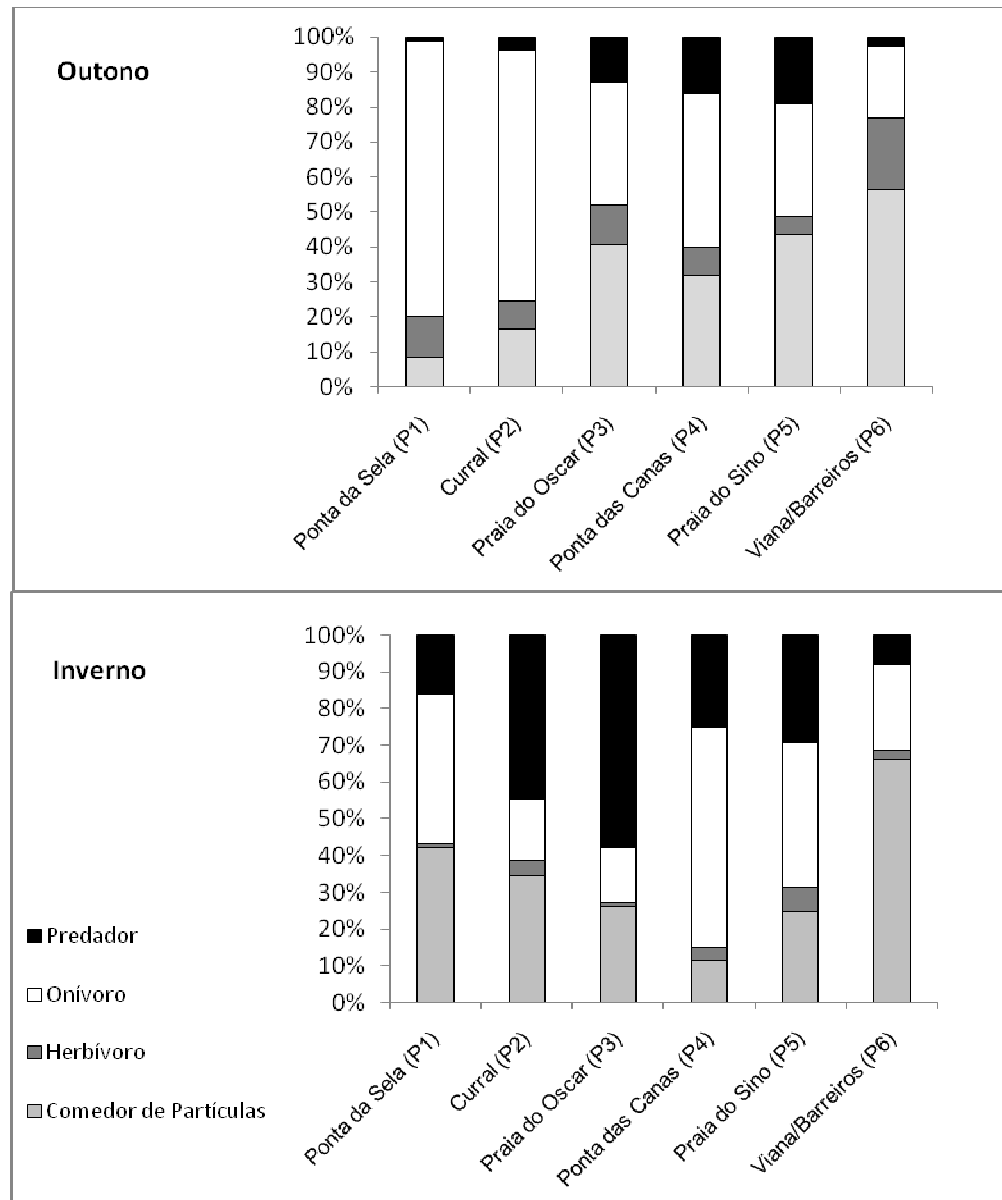


Figura 6 – Porcentagem de ocorrência de cada grupo por ponto amostrado

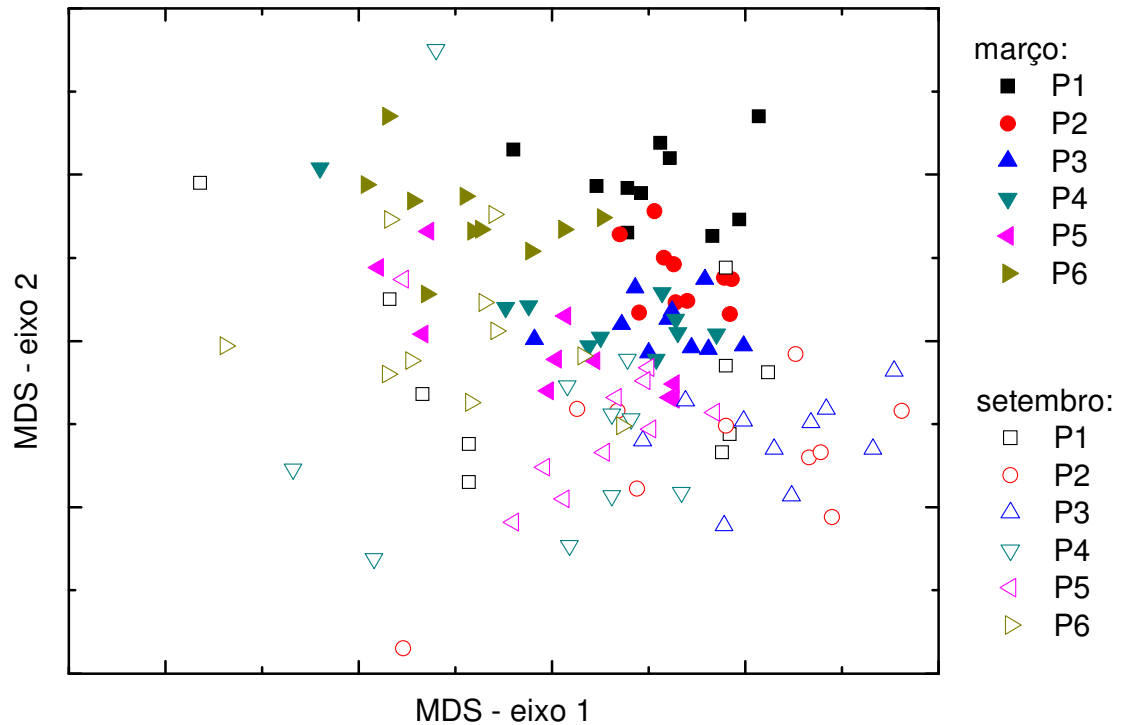


Figura 5 - Gráfico MDS mostrando o agrupamento das amostras por ponto nas duas estações do ano: outono (março) e inverno (setembro). Stress: 0,18.

A maioria dos pontos amostrados em cada estação do ano foi diferente entre si, havendo semelhanças apenas entre os pontos 3 e 4 e 4 e 5 no outono ($R_{\text{global}}=0,429$, respectivamente $p=0,419$ e $p=0,464$) e 2 e 3 e 4 e 5 no inverno ($R_{\text{global}}=0,287$, respectivamente $p=0,181$ e $p=0,477$).

Os pares de pontos com distanciamento equivalente em relação ao DTCS, isto é, mais afastados, intermediários e mais próximos, não foram semelhantes. Esse resultado demonstra que as distâncias crescentes a partir do terminal não possuem correspondência entre sul e norte e não influenciam a distribuição dos grupos alimentares. Os grupos que mais contribuíram para as diferenças entre esses pontos estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 – Principais grupos responsáveis pela dissimilaridade entre os pontos de mesma posição em relação ao DTCS

<i>Outono</i>			
Pontos	Posição	Grupo trófico	Contribuição(%)
1 e 4	afastados	Predadores	33,16
2 e 5	intermediários	Onívoros	49,93
3 e 6	próximos	Predadores	36,20
<i>Inverno</i>			
1 e 4	afastados	Com. Partículas	30,71
2 e 5	intermediários	Com. Partículas	28,12
3 e 6	próximos	Predadores	47,53

Discussão

Como as algas acumulam substâncias presentes no ambiente aquático durante um período de tempo, refletindo as concentrações encontradas na água (Taniguchi, 2002), pode-se dizer que os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos detectados na alga parda *Sargassum* são resultantes da baixa, porém contínua, entrada desses compostos no ambiente.

A água é um compartimento muito variável e dinâmico, motivo pelo qual os compostos presentes em baixa concentração são de difícil detecção. A utilização de organismos como as algas permite o reconhecimento dessas substâncias, assim como de flutuações de curto prazo, porque esses organismos acumulam substâncias presentes na coluna d'água (Taniguchi, 2002). O sedimento é um compartimento mais estável e conserva os hidrocarbonetos não degradados por longo período de tempo (Weber *et al.*, 1998). No Canal de São Sebastião estudos demonstraram a presença de hidrocarbonetos biogênicos e petrogênicos nos sedimentos (Weber *et al.*, 1998; Mendes, 2007) e na água (Furtado *et al.*, 1987). As maiores concentrações encontradas na água foram registradas na entrada sul do canal (Weber *et al.*, 1998), mesmo padrão encontrado nas concentrações presentes no *Sargassum* sp. no outono.

Os hidrocarbonetos detectados no *Sargassum* do canal não possuem correspondência com as distâncias em relação ao DTCS. No entanto, estudando os sedimentos ao redor do terminal, na região do canal, Mendes (2007) observou uma relação direta entre a distância e a concentração dessas substâncias. Além disso, os sedimentos do canal também apresentaram padrão de distribuição de hidrocarbonetos oposto ao da água, sendo encontrada a maior quantidade na região norte (Medeiros & Bicego, 2004).

Como as algas refletem a concentração de hidrocarbonetos presentes na água, o dinamismo da região (Furtado *et al.*, 1987) e a variedade de fontes de entrada desses compostos (Zanardi *et al.*, 1999a e b) podem ser responsáveis pela ausência de padrão entre os pontos e pela distribuição oposta à dos sedimentos. As correntes do canal têm direção NE predominante no inverno (Castro *et al.*, 2008), mas é comum haver alterações na direção, principalmente da água superficial, que sofre grande influência da direção dos ventos (Furtado *et al.*, 1987). A presença de descargas de esgoto doméstico e industrial, operação do porto, circulação de barcos à motor e presença de plantas superiores na orla, são fatores que contribuem em cada local para a presença diferencial dos hidrocarbonetos encontrados na região.

As concentrações dos hidrocarbonetos presentes na água e no sedimento do canal variam entre as estações do ano e entre locais (Furtado *et al.*, 1987, Mendes 2007). Deve-se considerar, portanto, que as concentrações de alifáticos e aromáticos totais encontradas nas algas no outono podem ser diferentes para o inverno, assim como para outras estações do ano.

Quanto a saber se a região está poluída por hidrocarbonetos petrogênicos, estudos apontam que concentrações totais de hidrocarbonetos acima de $1\mu\text{g/L}$ na água já indicam que a região foi afetada antropicamente, enquanto que para os sedimentos, concentrações entre 5 e $10\mu\text{g/g}$ são consideradas normais (Weber *et al.* 1998). Knutzen e Sortland (1982) analisaram PAHs em amostras de algas bênticas coletadas em uma região moderadamente poluída da Costa da Noruega. Foram encontradas concentrações de PAHs totais de 284 a 4665 ng g^{-1} para *Fucus vesiculosus*, 445 a 2204 ng g^{-1} para *Ascophyllum nodosum* e 456 a 2964 ng g^{-1} para *Fucus serratus*. As concentrações encontradas no *Sargassum* de São

Sebastião apresentaram-se mais baixas que as encontradas na Noruega. Os estudos realizados com algas ainda são escassos e mesmo organismos estudados exaustivamente, como mexilhões, apresentam grande variação na quantidade desses compostos em sua massa corporal, ficando difícil o estabelecimento de uma concentração que seja considerada indício de poluição (Knutzen & Sortland, 1982).

Uma medida como referência de origem dos hidrocarbonetos alifáticos derivados de petróleo é a razão pristano/fitano. Verificou-se que os valores dessa razão presentes nas algas estiveram próximos a 1, o que denota influência antrópica. Resultado similar foi encontrado por Guerra-García *et al.* (2003) em sedimentos do porto de Ceuta, norte da África. Em compensação, os resultados encontrados por Mendes (2007) no Canal de São Sebastião variaram entre 1,1 e 2,6 no verão e entre 1,3 e 2,4 no inverno, razões que denotam menor quantidade de derivados de petróleo. A presença da mistura complexa não resolvida em altas concentrações reforça que o local está sujeito à influência antrópica.

Em relação aos grupos funcionais, onívoros e predadores apresentaram diferenças em suas densidades entre os pontos 3 e 6, locais que estão mais próximos ao DTCS e que apresentaram concentrações de hidrocarbonetos alifáticos semelhantes. Os pontos à distância intermediária do DTCS (2 e 5) também apresentaram semelhança nas concentrações de hidrocarbonetos alifáticos e diferença na densidade de onívoros. Esses pontos foram os que tiveram menor concentração de alifáticos. Esses resultados indicam que não existe um padrão relacionado às concentrações de hidrocarbonetos e distâncias do DTCS e as densidades dos grupos tróficos de anfípodes gamarídeos.

Os únicos pontos que foram semelhantes entre si em relação à densidade dos grupos nos dois períodos foram os pontos 4 e 5, que estão mais ao norte do canal. Esses pontos não apresentaram qualquer semelhança nas concentrações de hidrocarbonetos

alifáticos e aromáticos. A composição similar de grupos tróficos pode indicar que características físicas locais, como regime de correntes, são parecidas entre esses pontos. O hidrodinamismo é um importante fator na estruturação de comunidades fitais (Masunari, 1982), pois além de agir sobre a morfologia das algas, pode influenciar a quantidade de material particulado em suspensão e, conseqüentemente, afetar a composição específica e a densidade de anfípodes (Leite *et al.*, 2000).

Através da análise de similaridade SIMPER foi possível perceber que entre os pontos 3 e 6 os predadores são os principais responsáveis pelas diferenças nos dois períodos amostrados. As diferenças em relação à densidade dos predadores podem indicar grau diferenciado de colonização por epibiontes animais, como hidrozoários e briozoários, principais componentes de sua dieta (Ruffo, 1998; Leite, 2000).

Houve mudança no descritor principal das dissimilaridades entre os outros dois pares de pontos (afastados e intermediários) no inverno, ambos em função dos comedores de partículas. As alterações de densidade desse grupo podem indicar que há diferenças na quantidade de matéria orgânica em suspensão ou nos sedimentos, que por sua vez podem ser reflexo das condições hidrodinâmicas do canal e mesmo da densidade de algas. O acúmulo de sedimento e matéria orgânica pode ser maior em bancos de algas mais densos, onde há restrição na circulação de água, favorecendo comedores de partículas como *E. pecteniscrus* e *A. spinicornis* (Jacobucci, 2005).

No inverno houve redução na abundância de onívoros, herbívoros e comedores de partículas, enquanto houve aumento dos predadores neste período. Os predadores se sobressaíram, provavelmente, devido à sua estratégia ativa de forrageamento, além da possibilidade de ter ocorrido aumento de invertebrados sésseis coloniais, que são o

principal componente da dieta de anfípodes carnívoros (Ruffo 1998), ou ainda ter ocorrido redução na competição por alimento.

As alterações nas densidades de onívoros e herbívoros foram as que mais contribuíram para a diferença entre outono e inverno. Ambos os grupos são compostos por apenas uma família de anfípodes cada. Os onívoros são compostos exclusivamente pela família Hyalidae, família esta muito generalista e, por este motivo, com grande facilidade de adaptação às adversidades ambientais (Leite *et al.*, 2000, Moore, 1976). Foi o grupo mais abundante nos dois períodos, mesmo com diminuição de abundância no inverno. Experimentalmente já foi constatado que indivíduos dessa família comem qualquer alimento oferecido, havendo algumas mudanças de acordo com a estação do ano (Tararam, 1980).

Os herbívoros, compostos exclusivamente pela família Ampithoidae, alimentam-se principalmente de *Sargassum* e apresentam alterações populacionais diretamente relacionadas às flutuações sazonais dessa alga (Jacobucci, 2005). O *Sargassum* normalmente tem redução de biomassa nos períodos frios, pois sua densidade é inversamente proporcional à temperatura (Jacobucci *et al.*, 2009), o que poderia explicar a redução desse grupo neste período.

Embora não tenha sido detectada influência da concentração de hidrocarbonetos e da distância em relação ao DTCS sobre a composição dos anfípodes, a divisão em grupos tróficos resultou em perceptíveis diferenças nas comunidades entre os pontos e, principalmente, entre estações do ano. Esse resultado reforça que grupos funcionais podem ser usados como descritores da comunidade. No entanto, para um melhor aproveitamento dos resultados, é necessário ainda maior detalhamento dos hábitos alimentares dos anfípodes.

CAPÍTULO 2 – DIVERSIDADE DE ANFÍPODES GAMARÍDEOS ASSOCIADOS A SARGASSUM NA ILHA DE SÃO SEBASTIÃO E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO DE GRUPOS FUNCIONAIS

Introdução

No Canal de São Sebastião, por conta da urbanização, turismo e operação do Dutos e Terminais Centro Sul (Lopes *et al.*, 1997, Furtado, 1987), o ambiente local está exposto a concentrações baixas mas constantes de hidrocarbonetos derivados de petróleo (Weber *et al.*, 1998). Esses hidrocarbonetos podem ser conhecidos através do *Sargassum* presente no local, visto que algas são eficientes bioacumuladores de metais e hidrocarbonetos petrogênicos, o que propicia a sua utilização como bioindicadores (Taniguchi, 2002).

Macroalgas marinhas podem fornecer ainda abrigo e alimento a invertebrados que buscam recursos nesse ambiente (Virnstein, 1987; Russo, 1989, Ince *et al.*, 2007) e são conhecidas por abrigar uma fauna abundante e diversificada, o que caracteriza o fital como uma importante biocenose do bentos marinho (Masunari, 1976). Dentre os vários grupos de animais que vivem em associação com as macroalgas, os anfípodes estão entre os mais representativos em riqueza de espécies e número de indivíduos (Tararam & Wakabara, 1981; Jacobucci & Leite, 2006).

Bancos de *Sargassum* já foram muito estudados no Estado de São Paulo quanto à sua fauna associada, especialmente anfípodes, que ocorrem em grande abundância e diversidade (Tararam & Wakabara, 1981; Wakabara *et al.*, 1983; Leite *et al.*, 2000; Jacobucci *et al.*, 2003; Tanaka & Leite, 2003; Leite *et al.*, 2007; Jacobucci *et al.*, 2009). Essa alga está presente também em grande quantidade no Canal de São Sebastião, no litoral norte paulista.

A diversidade de anfípodes do fital da Ilha de São Sebastião, na face leste do canal, ainda não é conhecida, com exceção da Praia do Sino, previamente estudada por Lima (2002). Dentre as ilhas do Estado de São Paulo, foram estudadas até o momento a fauna da Ilha das Palmas (Masunari, 1982) e da Ilha da Queimada Pequena (Jacobucci *et al.*, 2006).

Na região do Canal de São Sebastião foi detectada ainda a presença de hidrocarbonetos derivados de petróleo em *Sargassum*. Os anfípodes desses locais foram separados em famílias e unidos em grupos tróficos para uma avaliação da influência desses hidrocarbonetos sobre a comunidade (Capítulo 1). Para o propósito de detectar impacto de poluição, a identificação em táxons superiores (família, ordem, filo) pode ser adequada (Clark, 2001) e a utilização de grupos funcionais pode render um resultado de mais fácil interpretação do ponto de vista ecológico (Bremmer *et al.*, 2003; Roberts & Connell, 2008). Embora não tenha sido verificada relação entre os hidrocarbonetos e a estruturação da comunidade por grupos funcionais, a variação entre pontos e estações ocorreu para esses grupos (Capítulo 1).

Dessa forma, buscou-se avaliar a composição e variação da diversidade de anfípodes associados a *Sargassum* sp., na Ilha de São Sebastião, em locais onde foi detectada a presença de hidrocarbonetos de petróleo em *Sargassum*, traçando um comparativo entre a variação na composição específica e a observada para os grupos funcionais, conforme apresentado no capítulo anterior.

Material e Métodos

Área de estudo

Na Ilha de São Sebastião foram selecionados seis costões rochosos voltados para o Canal de São Sebastião, tendo o Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS) como marco zero (Tabela 1, ANEXO 1). Assim, três destes costões (Ponta das Canas, Praia do Sino e Viana/Barreiros) estão situados ao norte do DTCS e os outros três (Ponta da Sela, Praia do Curral e Praia do Oscar) ao sul do mesmo (Figura 1). Esses costões apresentam distâncias regulares entre si e condições hidrodinâmicas semelhantes. Em relação ao DTCS, os pontos 1 e 4 são os mais afastados, os ponto 2 e 5 estão em distâncias intermediárias e os pontos 3 e 6 são os mais próximos.

O acesso aos pontos foi realizado por barco cedido pelo CEBIMar (Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo) e as amostragens foram realizadas no início do outono (março de 2007) e final do inverno (setembro de 2007).

Tabela1: Costões amostrados na Ilha de São Sebastião e suas localizações geográficas

Pontos	Costões	Distância do DTCS	Coordenadas
1	Ponta da Sela	11,24 Km	23°53.095' S 45°27.212' W
2	Praia do Curral	8,61 Km	23°52.102' S 45°26.044' W
3	Praia do Oscar	4,25 Km	23°50.386' S 45°24.050' W
4	Ponta das Canas	9,2 Km	23°43.721' S 45°20.524' W
5	Praia do Sino	7,2 Km	23°44.792' S 45°20.945' W
6	Viana / Barreiros	5,8 Km	23°45.641' S 45°21.047' W

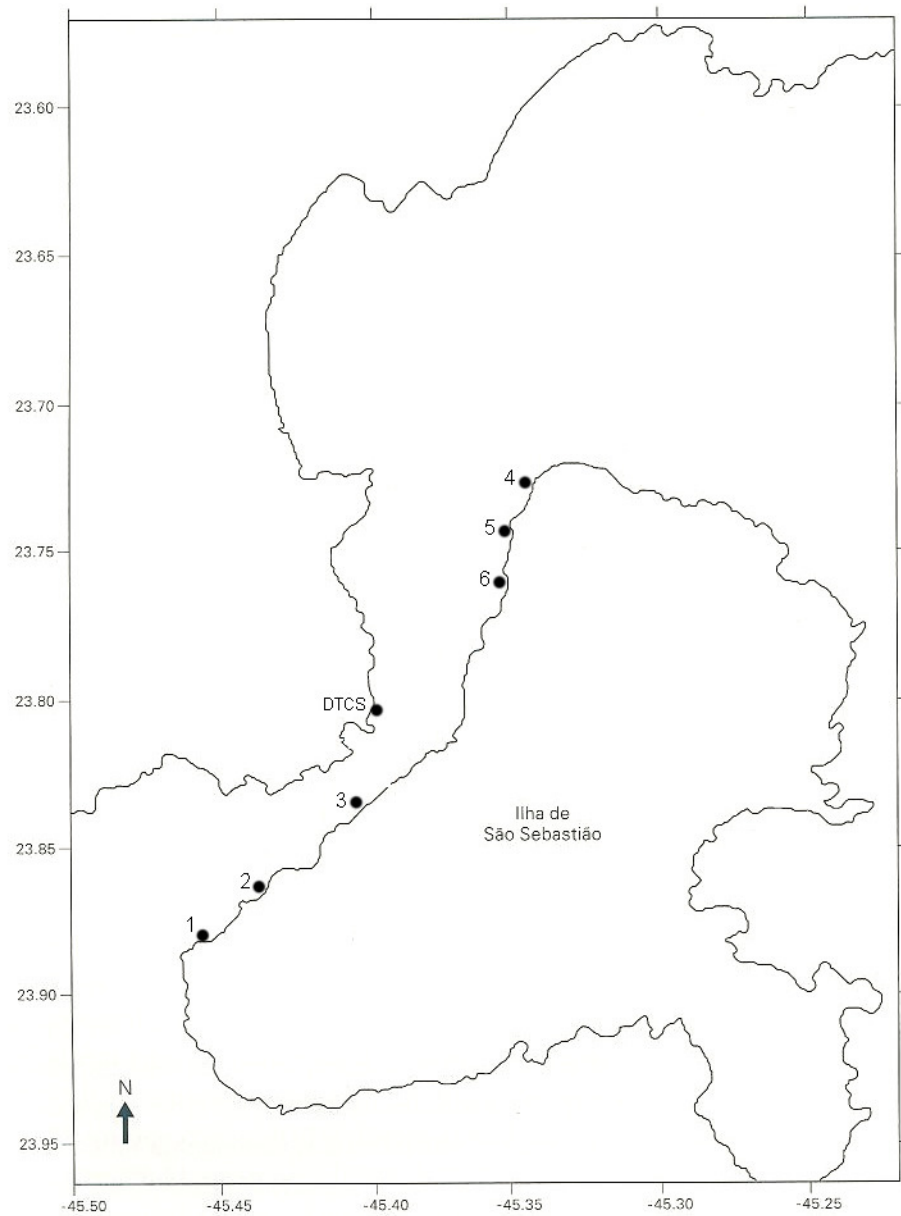


Figura 1: Mapa da região de estudo evidenciando a localização dos costões amostrados e a localização do Dutos e Terminais Centro Sul (DTCS).

Procedimento de amostragem

Em cada costão rochoso foram coletadas, aleatoriamente, dez frondes de *Sargassum*. As amostragens foram realizadas entre 1 e 2m de profundidade através de mergulho livre. As frondes foram cobertas com sacos de tecido de malha de 0,2mm para impedir a fuga dos organismos, e foram transportadas até o laboratório do CEBIMar.

As algas das quais se obteve a fauna foram mantidas no freezer até que os animais não apresentassem sinais vitais. Após este resfriamento, foram lavadas em água do mar e a fauna foi retirada e fixada em álcool a 70%. As algas lavadas foram congeladas para posterior secagem e pesagem. O peso seco das algas foi utilizado posteriormente para as análises estatísticas.

Procedimento em laboratório

No laboratório, a fauna previamente fixada em álcool a 70% foi triada sob estereomicroscópio e os anfípodes foram identificados em nível específico. As algas que abrigavam a fauna foram secas em estufa à 70°C por 48h e pesadas em balança com precisão de 0,001g. O peso foi utilizado para a obtenção da densidade de anfípodes, valor utilizado nos testes estatísticos.

Análise dos dados

O número de indivíduos de cada espécie foi dividido pelo peso seco de sua fronde de origem. A densidade de cada espécie por fronde foi utilizada para o cálculo do índice de diversidade de Shannon (H') na base e. Também se obteve a riqueza (S) e a densidade total

de indivíduos (abundância total (N)/peso da alga). Análise de variância (ANOVA) hierárquica foi utilizada para comparar diversidade, riqueza e densidade entre pontos e períodos de amostragem. Quando as diferenças foram significativas efetuou-se o teste de Tukey. A densidade total foi transformada para $\ln(x)$ para atender aos requisitos de normalidade da análise de variância.

A densidade total de indivíduos não transformada foi utilizada para a dissimilaridade de Bray Curtis. Em seguida foi feito o Escalonamento Multidimensional não Métrico (MDS) para representar visualmente a ordenação das amostras. Análises de similaridade (ANOSIM) foram utilizadas para testar a semelhança entre os pares de amostras, sendo as espécies avaliadas segundo sua contribuição através do método de porcentagem de similaridade SIMPER.

Para a comparação entre a variação das espécies e dos grupos tróficos anteriormente estudados entre os mesmos pontos e estações do ano (Capítulo 1), procedeu-se ao teste de Mantel. Esse teste compara as matrizes de similaridade considerando como hipótese nula a independência entre essas matrizes.

Resultados

O número total de anfípodes encontrados no outono foi de 20.501 indivíduos e no inverno foi de 13.108 indivíduos, totalizando 33.609 anfípodes. Destes, foi possível identificar em nível específico 30.983 organismos. Os animais que não puderam ser identificados além do nível de família foram considerados jovens e não foram utilizados para o cálculo dos índices de diversidade.

Ao todo, 30 espécies de anfípodes foram identificadas nos dois períodos de amostragem (Tabela 2). A espécie mais abundante em ambos os períodos foi *Hyale nigra*, seguida por *Aora spinicornis*, *Stenothoe* sp. e *Cymadusa filosa* no outono e por *Stenothoe* sp. e *Erichthonius brasiliensis* no inverno. A representação da abundância das espécies com mais de cem indivíduos em cada período está nas Figuras 2 e 3

Tabela 2: Ocorrência das espécies de anfípodes nos períodos amostrados

Família	Espécie	Outono	Inverno
Amphilochidae	<i>Amphilocus neapolitanus</i> Della Valle, 1893	x	x
	<i>Ampithoe ramondi</i> Audoin, 1826	x	x
Ampithoidae	<i>Ampithoe</i> sp.	x	-
	<i>Cymadusa filosa</i> Savigny, 1816	x	x
	<i>Sunampithoe pelagica</i> (Milne Edwards, 1830)	x	x
Bateidae	<i>Batea catharinensis</i> Müller, 1865	x	x
	<i>Aora spinicornis</i> Afonso, 1976	x	x
Corophiidae	<i>Gammaropsis palmata</i> (Stebbing & Robertson, 1892)	x	x
	<i>Gammaropsis sophie</i> (Boeck, 1861)	x	-
	<i>Globosolembos smithi</i> (Holmes, 1903)	x	-
	<i>Lembos hypacanthus</i> K.H. Barnard, 1916	x	x
	<i>Monocorophium</i> sp.	x	x
	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)	x	x
Hyalidae	<i>Hyale macrodactyla</i> Stebbing 1899	-	x
	<i>Hyale nigra</i> Haswell, 1879	x	x
Ischyroceridae	<i>Erichtonius brasiliensis</i> (Dana, 1853)	x	x
	<i>Ischyrocerus inexpectatus</i> Ruffo, 1959	-	x
	<i>Jassa slatteryi</i> Conlan, 1990	-	x
	<i>Jassa</i> sp.	-	x
Leucothoidae	<i>Leucothoe spinicarpa</i> (Abilgaard, 1789)	x	x
Lysianassidae	<i>Shoemakerella nasuta</i> (Dana, 1853)	x	x
Melitidae	<i>Dulichella appendiculata</i> (Say, 1818)	x	x
	<i>Elasmopus brasiliensis</i> (Dana, 1855)	x	x
	<i>Elasmopus pecteniscus</i> (Bate, 1862)	x	x
	<i>Elasmopus rapax</i> Costa, 1853	x	x
	<i>Maera quadrimana</i> (Dana, 1853)	x	x
Podoceridae	<i>Podocerus brasiliensis</i> (Dana, 1853)	x	x
	<i>Podocerus fissipes</i> Serejo, 1995	x	x
Stenothoidae	<i>Stenothoe</i> sp.	x	x
	<i>Stenothoe valida</i> Dana, 1853	x	-

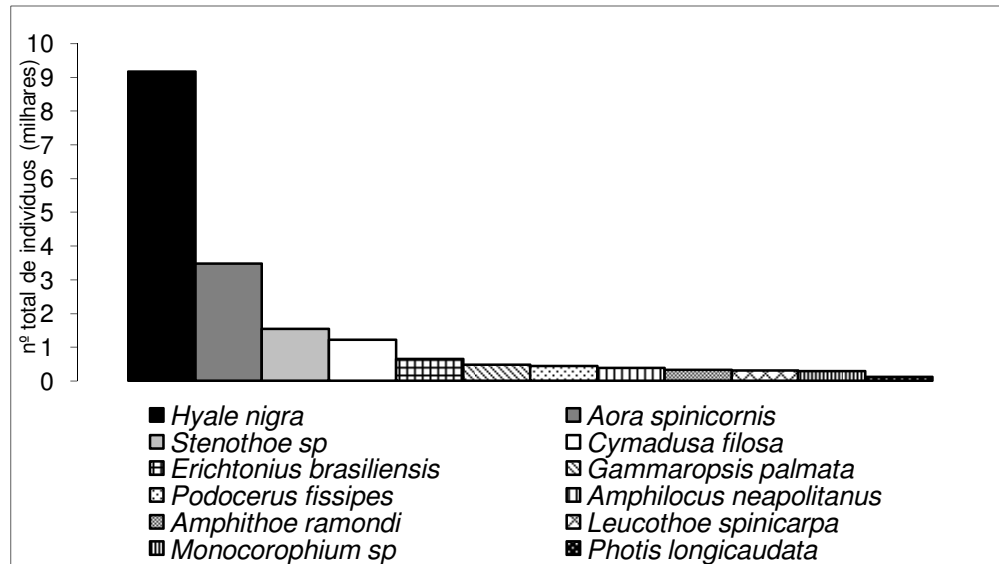


Figura 2 – Espécies mais abundantes no outono

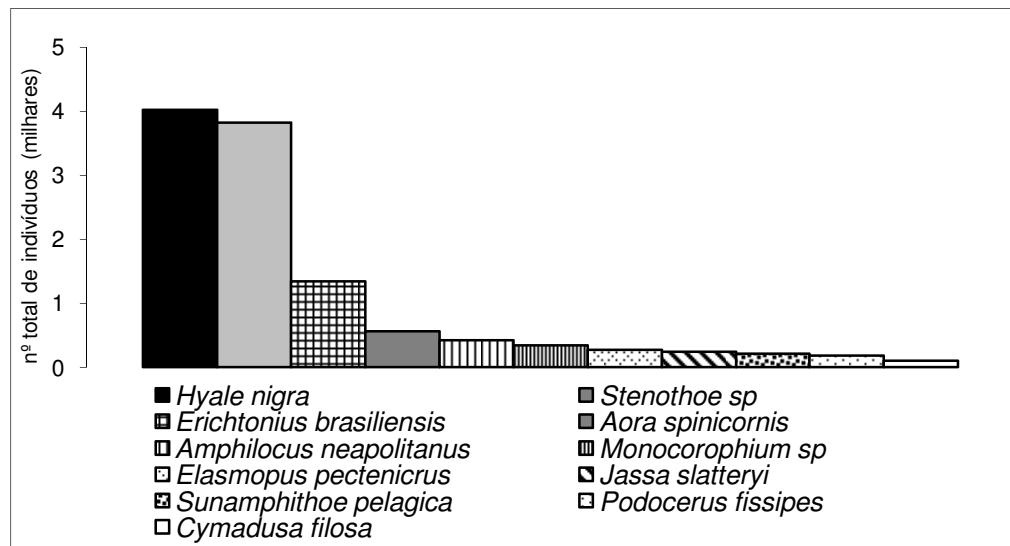


Figura 3 – Espécies mais abundantes no inverno

As espécies *Globosolembos smithi*, *Gammaropsis sophie*, *Quadrinemaera miranda*, *Lembos hypacanthus* e *Stenothoe valida* foram raras no outono, sendo que *G. smithi* e *S. valida* não estiveram presentes no inverno. Neste segundo período as espécies raras foram *Bathea catharinensis*, *Jassa sp.*, *Lembos hypacanthus*, *Dulichchiella anisochir* e *Ischirocerus*

inexpectatus, sendo que destes *Jassa* sp. e *I. inexpectatus* ocorreram apenas no inverno. A distribuição das espécies mais abundantes nos pontos nos dois períodos está representada na Figura 4. Verifica-se que as espécies com presença constante em todos os pontos em ambos os períodos foram *H. nigra*, *C. filosa*, *A. ramondi*, *Stenothoe* sp1, *A. spinicornis*,

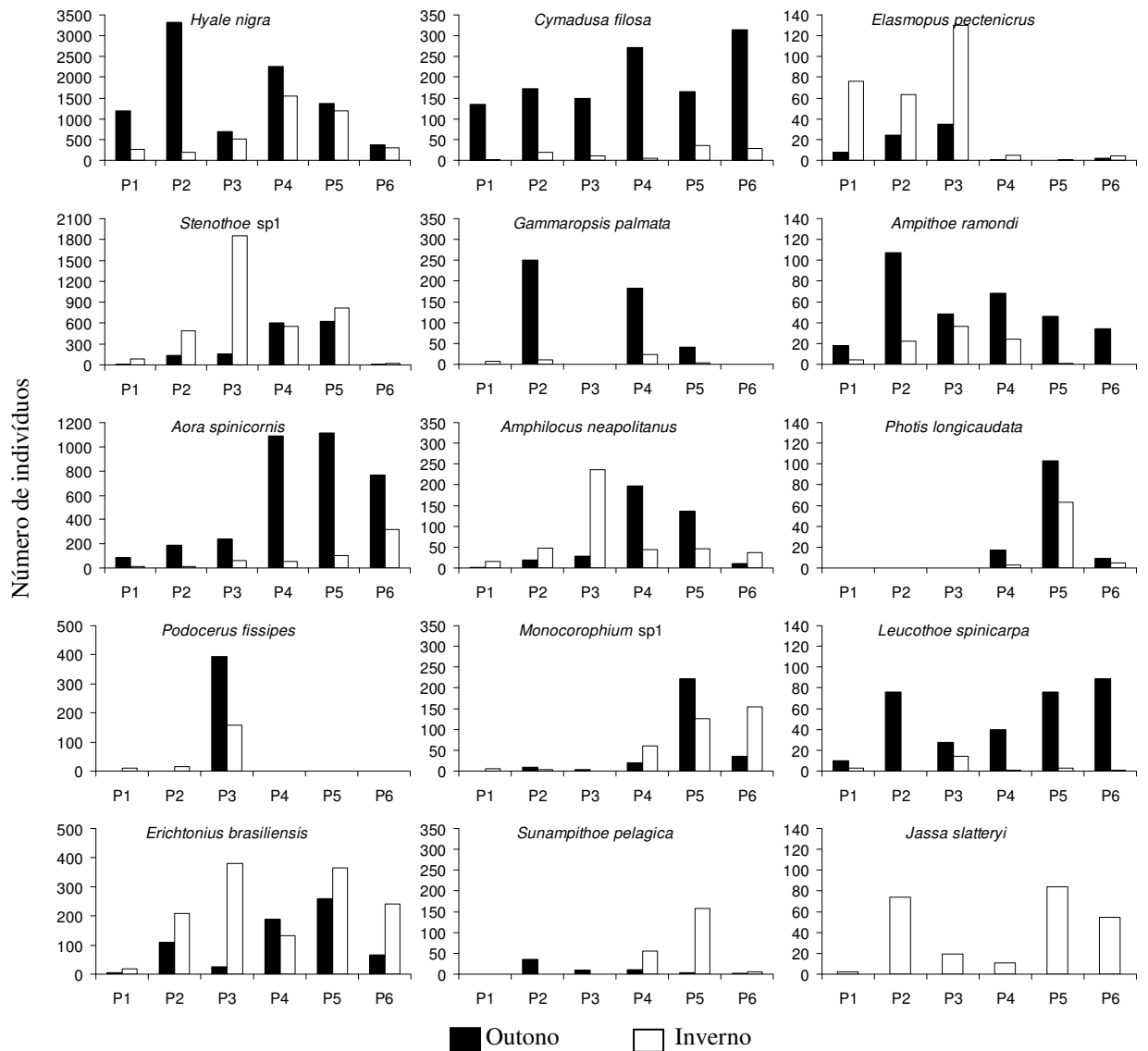


Figura 4 - Distribuição do número de indivíduos das espécies mais abundantes entre os pontos (P) e em cada estação do ano.

A. neapolitanus e *E. brasiliensis*. *P. longicaudata* aparece apenas no norte da ilha. Nota-se também que *P. fissipes* ocorre quase exclusivamente no ponto 3.

Os valores médios do índice de Shannon (H') variaram de 0,805 (ponto 1, março) a 1,737 (ponto 3, março). No sul da ilha, verifica-se que os valores da diversidade aumentam do ponto 1 para o ponto 3, padrão mantido nos dois períodos de coleta. Para essa mesma região as diversidades foram maiores no inverno (Figura 5). A riqueza (S) variou entre 3 espécies no inverno (Ponto 4) e 16 espécies no outono (Ponto 5) e a abundância (N) variou entre 6 indivíduos no inverno (Ponto 1) e 1482 indivíduos no outono (Ponto 4). A densidade total variou entre 3,709 indivíduos/g no inverno (Ponto 6) e 707,142 indivíduos/g no mesmo período (Ponto 2), o que demonstra que as algas não são colonizadas igualmente pelos anfípodes, havendo algas com baixo peso e muitos indivíduos e algas de maior peso com poucos indivíduos. Os valores obtidos para cada amostra por período estão descritos no ANEXO 3.

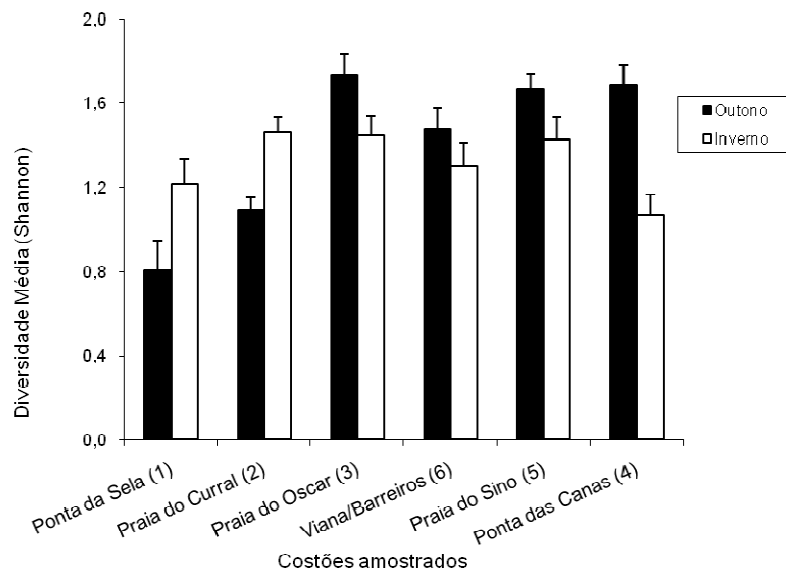


Figura 5 – Variação do índice de diversidade de Shannon. Os pontos foram plotados na seqüência sul-norte.

A análise de variância apontou diferenças entre os pontos 1 e 3 e 1 e 5 (Tukey $p < 0,05$) para a diversidade de Shannon ($F = 6,398$; $gl = 5$; $p = 0,021$) e entre os pontos 1 e 3 (Tukey $< 0,05$) para a riqueza ($F = 5,401$; $gl = 5$; $p = 0,032$). Entre as estações do ano somente a riqueza foi significativamente diferente ($F = 10,118$; $gl = 1$; $p = 0,019$), sendo mais elevada no outono. Para a densidade total não houve nenhuma diferença significativa entre os pontos e estações do ano. Os resultados obtidos no teste de variância ANOVA estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da ANOVA hierárquica comparando riqueza, diversidade e densidade total nos pontos e períodos de amostragem (gl=graus de liberdade; F=variação entre médias amostrais/variação entre indivíduos dentro das amostras; p=probabilidade)

Variável		gl	F	p
Riqueza	Mês	1	10,118	0,019
	Ponto	5	5,401	0,032
Shannon	Mês	1	0,919	0,375
	Ponto	5	6,398	0,021
Densidade total	Mês	1	1,696	0,241
	Ponto	5	3,044	0,104

Também houve diferença significativa para a composição específica entre as estações do ano ($R = 0,255$; $p = 0,001$), que pode ser observada no gráfico de ordenação MDS (Figura 6). Pelo gráfico, as amostras do outono foram mais parecidas entre si enquanto que as amostras do inverno foram mais distintas, gerando um efeito de espalhamento dos

pontos deste período. As espécies que mais colaboraram para essa diferença e suas porcentagens de contribuição estão na Tabela 4.

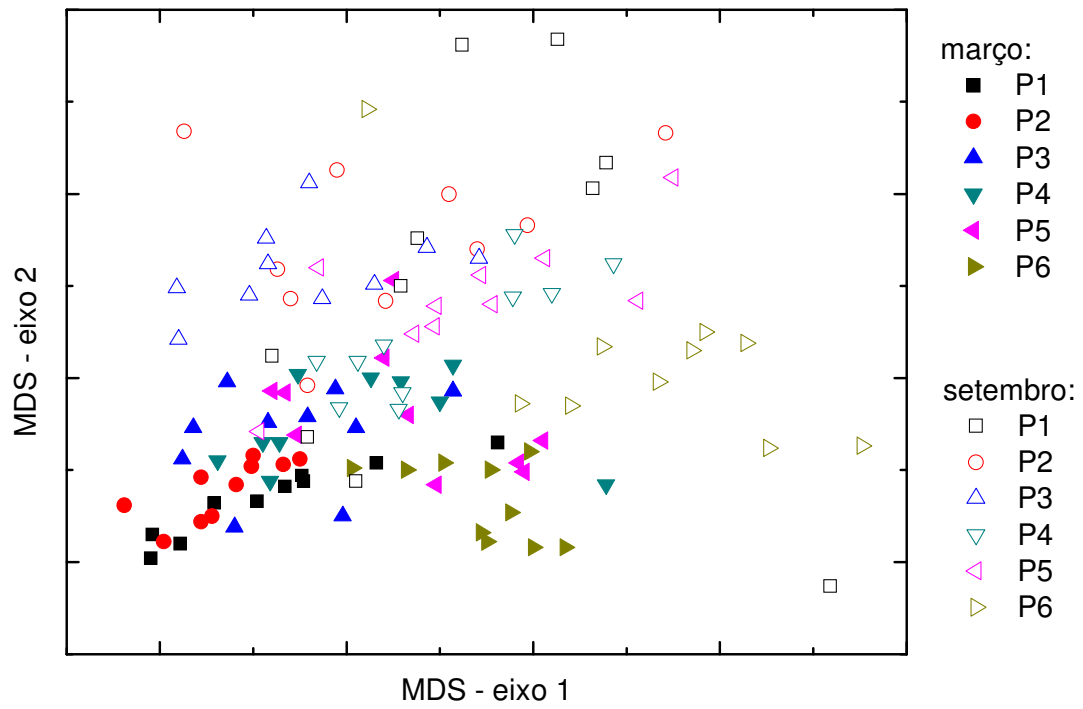


Figura 6 – Ordenação das amostras dos pontos nas estações outono e inverno. Stress=0,19.

Tabela 4 – Contribuição das espécies para a diferença entre as estações outono e inverno

Espécie	Contribuição (%)
<i>Hyale nigra</i>	36,40
<i>Stenothoe</i> sp.	17,15
<i>Aora spinicornis</i>	10,90
<i>Erichthonius brasiliensis</i>	7,27
<i>Cymadusa filosa</i>	6,06
<i>Podocerus fissipes</i>	3,01
<i>Amphilocus neapolitanus</i>	2,48
<i>Elasmopus pecteniscus</i>	2,46
<i>Ampithoe ramondi</i>	1,83
<i>Monocorophium</i> sp.	1,79
<i>Jassa slatteryi</i>	1,43

Em cada estação do ano, os únicos pontos semelhantes no outono foram 1 e 2 ($R=0,421$; $p=0,144$) e 4 e 5 ($R=0,421$; $p=0,358$) e os únicos semelhantes no inverno foram 2 e 3 ($R=0,314$; $p=0,117$) e 4 e 5 ($R=0,314$; $p=0,224$). Os pares de pontos mais distantes (1 e 4), intermediários (2 e 5) e próximos (3 e 6) foram diferentes entre si. As espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades entre esses pontos estão representadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Principais espécies responsáveis pelas dissimilaridades entre os pares de pontos segundo a distância do DTCS no outono e no inverno

Pontos	Posição	Outono		Inverno	
		Espécie	Contribuição (%)	Espécie	Contribuição (%)
1 e 4	afastados	<i>Hyale nigra</i>	59,71	<i>Hyale nigra</i>	40,5
		<i>Aora spinicornis</i>	11,22	<i>Stenothoe</i> sp.	13,77
		<i>Stenothoe</i> sp.	8,81	<i>Elasmopus pecteniscrus</i>	9,13
		<i>Cymadusa filosa</i>	5,31	<i>Erichtonius brasiliensis</i>	6,3
				<i>Elasmopus rapax</i>	5,17
2 e 5	intermediários	<i>Hyale nigra</i>	65,4	<i>Stenothoe</i> sp.	25,48
		<i>Aora spinicornis</i>	7,03	<i>Hyale nigra</i>	24,02
		<i>Stenothoe</i> sp.	5,54	<i>Erichtonius brasiliensis</i>	18,72
				<i>Jassa slatteryi</i>	6,45
3 e 6	próximos	<i>Hyale nigra</i>	37,61	<i>Stenothoe</i> sp.	52,01
		<i>Podocerus fissipes</i>	15,77	<i>Erichtonius brasiliensis</i>	11,58
		<i>Aora spinicornis</i>	9,71	<i>Hyale nigra</i>	11,16
		<i>Stenothoe</i> sp.	9,33	<i>Amphilocus neapolitanus</i>	6,28

A correlação entre as matrizes de similaridade das espécies e dos grupos funcionais (teste de Mantel) foi significativa ($R=0,668$; $p=0,0001$), demonstrando que existe uma correspondência entre a composição dos grupos funcionais estabelecidos a partir dos dados da literatura e a composição específica de anfípodes encontrada.

Discussão

A fauna de anfípodes associada a algas do gênero *Sargassum* é bem conhecida no Estado de São Paulo, mas o fital da Ilha de São Sebastião ainda não havia sido estudado, com exceção da Praia do Sino (Lima, 2002). Os estudos sobre a fauna associada a algas em região insular são escassos, havendo até o momento registros na Ilha das Palmas (Masunari, 1982) e Ilha da Queimada Pequena (Jacobucci *et al.*, 2006). Este é o terceiro trabalho detalhando a fauna de anfípodes gamarídeos realizado numa ilha do estado, sendo o segundo a avaliar o fital de *Sargassum* dessas regiões.

Na Ilha da Queimada Pequena 17 espécies de anfípodes foram registradas associadas ao *Sargassum*, sendo três delas anfípodes caprelídeos. Dentre os gamarídeos, as espécies comuns às encontradas na Ilha de São Sebastião foram *Amphilocus neapolitanus*, *Ampithoe ramondi*, *Dulichella anisochir*, *Elasmopus brasiliensis*, *Erichtonius brasiliensis*, *Gammaropsis palmata*, *Hyale nigra*, *Jassa slatteryi*, *Leucothoe spinicarpa*, *Quadrimaera miranda*, *Podocerus brasiliensis* e *Stenothoe valida*. As espécies diferentes foram *Shoemakerella brasiliensis* e *Phtisica marina*. Segundo Jacobucci *et al.* (2006), todas as espécies encontradas já haviam sido registradas nas áreas continentais do Estado de São Paulo.

O número de espécies encontradas na Ilha de São Sebastião foi maior também que o encontrado em outros estudos realizados com *Sargassum* no continente. Em Itanhaém, no litoral sul (Tararam *et al.*, 1981), 13 espécies de anfípodes gamarídeos foram encontradas, além de 3 caprelídeos. Os gamarídeos comuns à Ilha de São Sebastião foram *A. neapolitanus*, *A. ramondi*, *Elasmopus pecteniscrus*, *P. brasiliensis*, *S. valida* e *Sunampithoe*

pelagica. As espécies diferentes foram *Gammaropsis atlantica*, *Hyale media*, *Hyale* sp., *Jassa falcata*, *Melita* sp. e *Tethygeneia longleyi*.

No litoral norte, na praia do Lamberto (Leite *et al.*, 2000) foram registradas 12 espécies de gamarídeos, sendo 9 delas as mesmas encontradas na Ilha de São Sebastião: *A. neapolitanus*, *Cymadusa filosa*, *S. pelagica*, *Hyale macrodactyla*, *Hyale nigra*, *Erichthonius brasiliensis*, *J. slatteryi*, *L. spinicarpa* e *S. valida*. As espécies diferentes foram *Atylus minikoi*, *Corophium acherusicum*, *H. media* e *Lysianassa* sp. No mesmo estudo, Leite *et al.* (2000) registraram na Praia Grande 11 espécies de gamarídeos, sendo comuns à Ilha de São Sebastião as espécies *A. ramondi*, *C. filosa*, *S. pelagica*, *E. pecteniscrus*, *H. macrodactyla*, *H. nigra*, *J. slatteryi* e *S. valida* e diferentes as espécies *C. acherusicum*, *H. media*, e *Lysianassa* sp.

Ainda em Ubatuba, na Praia da Fortaleza (Jacobucci *et al.*, 2009), foram registradas 24 espécies de anfípodes, sendo 6 caprelídeos e 18 gamarídeos. Dentre os gamarídeos, todos ocorreram também na Ilha de São Sebastião, com exceção de *Monocorophium acherusicum*. Dessa forma, os resultados aqui obtidos demonstram que a maioria das espécies identificadas são semelhantes às encontradas no continente, assim como foi registrado por Jacobucci *et al.* (2006) na Ilha da Queimada Pequena.

A maior riqueza encontrada em comparação com esses locais pode ser resultado do maior conhecimento atual do grupo taxonômico ou ainda da entrada de espécies invasoras (Kelly *et al.*, 2006). Além das espécies semelhantes aos outros trabalhos, foram registradas pela primeira vez na região as espécies *Ampithoe* sp., *Ischyrocerus inexpectatus*, *Monocorophium* sp. e *Stenothoe* sp.

Este é o primeiro registro de *I. inexpectatus* no Canal de São Sebastião. Essa espécie já foi encontrada em grande abundância associada ao briozoário *Bugula neritina*, na Baía

de Algericas, Espanha. Seu período reprodutivo ocorre no verão do hemisfério norte, atingindo seu pico máximo em Setembro (Conradi *et al.*, 2000), mesmo mês em que foi encontrada neste estudo, correspondendo ao inverno no hemisfério sul. Essa informação, somada ao baixíssimo número de indivíduos encontrados pode indicar que a espécie entrou acidentalmente no Canal de São Sebastião, provavelmente trazida por navios europeus.

As variações de abundância das espécies são, em boa parte, reflexo de fatores naturais como ciclo de vida, estratégia reprodutiva, disponibilidade de recursos e pressões predatórias (Moreira *et al.*, 2008). Além disso, o tamanho corporal, tamanho da ninhada, tamanho do embrião, número de ninhadas por fêmea, idade de maturidade sexual e estação reprodutiva variam intraespecificamente com a temperatura, latitude, profundidade e salinidade (Saint-Marie, 1991).

A abundância de anfípodes encontrada ressalta que, mesmo em condições menos favoráveis, esses organismos são importantes constituintes da fauna de algas. Esses animais possuem desenvolvimento rápido, baixa expectativa de vida e sofrem grandes variações de densidade em tempo e espaço, denotando que são r-estrategistas (Ruffo, 1998), embora exista certo cuidado parental durante o desenvolvimento embrionário, que ocorre no marsúpio. Essa estratégia permite adaptar-se às rápidas variações nas condições ambientais.

Variações na abundância e composição das espécies entre as estações e pontos de amostragem foram claramente observadas. Dentre as espécies mais abundantes, *Hyale nigra*, *Aora spinicornis*, *Cymadusa filosa* e *Podocerus fissipes* tiveram redução de abundância no inverno. Ao contrário, as espécies *Stenothoe* sp., *Erichtonius brasiliensis*, *Amphilocus neapolitanus* e *Monocorophium* sp. aumentaram sua abundância neste período.

As espécies *Elasmopus pecteniscrus*, *Jassa slatteryi* e *Sunampithoe pelagica* ocorreram apenas no inverno e em grande abundância. *Gammaropsis palmata*, *Ampithoe ramondi*, *Leucothoe spinicarpa* e *Photis longicaudata* foram abundantes apenas no outono.

Jassa slatteryi tem sido relatada como uma espécie que prefere regiões com maior hidrodinamismo devido à maior disponibilidade de partículas em suspensão (Leite *et al.*, 2000), mas aqui essa relação é um pouco confusa, visto que esta espécie ocorreu apenas no inverno e em todos os pontos.

As espécies *Aora spinicornis* e *Monocorophium* sp. foram mais abundantes na porção norte da ilha, sendo que *Photis longicaudata* ocorreu apenas nessa região. A espécie *Elasmopus pecteniscrus* foi mais abundante na porção sul do canal, sendo que *Podocerus fissipes* ocorreu exclusivamente nessa região. Valério-Berardo (1992) registrou preferência de *P. longicaudata* por sedimentos finos e ressaltou que o hábito alimentar dessa espécie, filtradora de superfície, favorece sua ocorrência em locais de alta energia. Portanto, sua presença exclusiva na região norte da ilha poderia indicar que essa região está sujeita a correntes mais intensas que a região sul. No entanto, *P. fissipes*, espécie também filtradora, ocorreu exclusivamente na Praia do Oscar (ponto 3), situada ao sul. Esse gênero habita áreas com fortes correntes e ações de ondas e costumam escalar o substrato, preferencialmente hidrozoários, para melhor obtenção de partículas (Barnard *et al.*, 1988). Devido à sua preferência por locais de maior energia, seria de se esperar que essas espécies ocorressem nos mesmos locais, mas *P. longicaudata* é uma espécie encontrada em sedimentos enquanto que *P. fissipes* ocorre em substratos biológicos.

Dentre as espécies mais abundantes com modo de vida conhecido, o número de espécies nidícolas (*H. nigra*, *A. neapolitanus*, *S. pelagica* e *E. pecteniscrus*), tubícolas (*Erichtonius brasiliensis*, *C. filosa*, *A. ramondi* e *J. slatteryi*) e inquilinas (*Stenothoe* sp. e *L.*

spinicarpa) foi igual nas duas estações amostradas assim como entre os pontos. No Canal de São Sebastião existe ainda a forte influência de correntes, que mudam de direção predominante, dependendo da época do ano (Furtado *et al.*, 1987). Embora tenha-se buscado padronizar os locais de amostragem quanto ao hidrodinamismo, este também é um fator importante na regulação das comunidades (Leite *et al.*, 2000).

Os padrões de abundância dos organismos são muito variáveis entre os pontos, apesar de existir a presença quase constante de *Hyale nigra* como espécie dominante. Esta espécie apresenta hábito alimentar generalista, que pode ser responsável pela sua elevada abundância (Leite *et al.*, 2000). O maior número de indivíduos de uma espécie em relação às demais presentes nas amostras desvia os resultados do índice de Shannon, como pode ser observado na Ponta da Sela (ponto 1) e Curral (ponto 2). Esses pontos foram menos diversos no outono, quando todos os demais apresentaram maiores índices de diversidade.

Não houve nenhuma semelhança na densidade de indivíduos de cada espécie entre os pontos com localizações similares em relação ao DTCS, isto é, próximos, intermediários e afastados. Provavelmente isso se deve ao padrão de circulação das correntes no canal (Furtado *et al.*, 1987).

As variações observadas para as espécies entre os pontos e as estações já haviam sido notadas quando os anfípodes foram agrupados segundo seu hábito alimentar (Capítulo 1). Foi possível verificar que em ambos os agrupamentos (trófico e específico), os únicos dois pontos semelhantes entre os períodos foram os pontos 4 (Ponta das Canas) e 5 (Praia do Sino), situados mais ao norte. Também não houve semelhança entre os pares de pontos distantes, intermediários e próximos em ambos os estudos.

Afora a correspondência quanto à contribuição para as dissimilaridades entre os meses e pontos para *Hyale nigra* e onívoros, não há correspondência entre os outros grupos

tróficos e as espécies que mais contribuíram para essas diferenças, isto é, as espécies que mais influenciaram as diferenças entre pontos e períodos não apresentavam hábito alimentar similar ao que mais contribuiu nas mesmas situações. Isso ocorreu porque os onívoros foram representados apenas por uma espécie enquanto que os outros grupos foram formados por muitas espécies diferentes. A junção de espécies diferentes ignora características específicas, como ciclos de vida. Essa união em grupos ameniza a influência da abundância de cada espécie separadamente, normalizando as diferenças.

No entanto, quando comparadas, as matrizes de similaridade usando espécies e grupos funcionais apresentaram alta correlação, demonstrando que as duas abordagens são válidas para a avaliação da variação dos anfípodes num mesmo ambiente. Deve-se, portanto, escolher qual delas melhor se adequa às necessidades dos estudos desenvolvidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre a influência de hidrocarbonetos sobre comunidades marinhas avaliam em geral o efeito prolongado de um evento agudo, principalmente através da presença preservada de hidrocarbonetos no sedimento. Geralmente a entrada crônica desses compostos pelos procedimentos de descarga ou mesmo queima de combustíveis, tão comuns em regiões portuárias, é ignorada. Como derramamentos de óleo causam grande impacto ambiental e chamam mais a atenção pública, os estudos sobre a influência de hidrocarbonetos acabam mais centrados nos efeitos de grandes perturbações, mesmo que se reconheça a existência da entrada de pequenas quantidades constantemente.

Devido à estabilidade dos compostos no sedimento, os ambientes inconsolidados acabam sendo o alvo principal de estudos sobre influência antrópica em comunidades marinhas. Em São Sebastião estudos já detectaram a presença de hidrocarbonetos nos sedimentos próximos ao DTCS (Furtado *et al.*, 1987, Mendes, 2007) e na água (Weber *et al.* 1998), no entanto, as comunidades fitais têm sido sumariamente ignoradas não só nessa região, mas em todo o mundo.

A presença de hidrocarbonetos petrogênicos em *Sargassum* reforça a sua utilização no biomonitoramento. A relação pristano/fitano utilizada comumente para a determinação de influência antrópica nos sedimentos é igualmente aplicável às algas, visto que esses compostos estão presentes em quantidades detectáveis na grande maioria das amostras.

Não foi possível, no entanto, estabelecer uma relação entre os compostos presentes em *Sargassum*, as distâncias em relação ao DTCS e a comunidade de anfípodes do fital. O regime de correntes no Canal de São Sebastião, que ora é predominante a NE, ora a SW (Furtado *et al.* 1987), impede que exista um padrão na distribuição dos hidrocarbonetos na

água e, consequentemente, nas algas. Já os anfípodes são sensíveis à presença de poluentes, mas as concentrações encontradas na alga parecem não trazer efeitos sobre a estruturação da comunidade. Entretanto, no outono a menor diversidade foi encontrada na Ponta da Sela (ponto 1), local onde a concentração de hidrocarbonetos foi mais alta.

As variações dos grupos funcionais entre pontos e estações do ano, igualmente observada para as espécies, denota que é possível avaliar a comunidade assim como buscar as causas das flutuações através dessa abordagem. A maior rapidez na realização das identificações indica que esse é um método válido quando existe curto prazo para avaliações ambientais. Conhecer os padrões espaciais e temporais dos grupos funcionais de anfípodes no Canal de São Sebastião pode ajudar a identificar também alterações ambientais futuras.

A riqueza de espécies mostrou-se alta em todos os locais e nos dois períodos amostrados. O número de espécies foi maior que o registrado em estudos anteriores no Estado de São Paulo (Tararam *et al.*, 1981, Leite *et al.*, 2000, Jacobucci *et al.*, 2009), mas assim como na Ilha da Queimada Pequena (Jacobucci *et al.*, 2006), a maioria delas é igual às presentes no continente.

A avaliação das flutuações é mais demorada neste caso em vista do processo de identificação ser mais delicado, mas é possível avaliar as variações segundo o modo de vida e biologia de cada espécie. No entanto, o hábito alimentar parece ser um importante fator nessas variações, visto sua correspondência com esta abordagem.

Este estudo contribuiu para o conhecimento da fauna de anfípodes existente no Estado de São Paulo e suas ilhas, além de apresentar uma alternativa na avaliação desse grupo faunístico para casos em que o tempo é um fator limitante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNARD, J. L. 1958. Amphipod crustaceans as fouling organisms in Los Angeles – Long Beach Harbors, with reference to the influence of seawater turbidity. *California Fish and Game*, 44(2): 161-170.
- BARNARD, J. L., THOMAS, J.D., SANDVED, K.B. 1988. Behavior of gammaridean Amphipoda: *Corophium*, *Grandidierella*, *Podocerus* and *Gibberosus* (American *Megaluropus*) in Florida. *Crustaceana*, 13: 234-244.
- BÍCEGO, M. C. 1988. Contribuição ao estudo de hidrocarbonetos biogênicos e do petróleo no ambiente marinho. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- BONSDORFF, E.; BAKKE, T.; PEDERSEN, A. 1990. Colonization of amphipods and polychaetes to sediments experimentally exposed to oil hydrocarbons. *Marine Pollution Bulletin*, 21(7): 355-358.
- BRAWLEY, S. H.; ADEY, W. H. 1981. The effects of micrograzers on algal community structure in a coral reef microcosm. *Marine Biology*, 61: 167-178.
- BREMMER, J., ROGERS, S. I., FRID, C. L. J. 2003. Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. *Marine Ecology Progress Series*, 254: 11-25.
- CAINE, E. A. 1977. Feeding mechanisms and possible resource partitioning of the Caprellidae (Crustacea: Amphipoda) from Puget Sound, USA. *Marine Biology*, 42: 331-33.
- CAIRNS, J.; BUIKEMA, A. L. 1984. Restoration of habitats impacted by oil spills. Butter Worth Publishers. Ann Arbor Science Book.

- CASTRO, B. M., MIRANDA, L. B., SILVA, L. S., FONTES, R. F. C., PEREIRA, A. F.,
COELHO, A. L. 2008. Processos físicos: hidrografia, circulação e transporte, p.59-122.
In: Pires-Vanin, A. M. S, Oceanografia de um Ecossistema Subtropical, Plataforma de
São Sebastião, SP., Ed. USP, 464p.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Principais acidentes em
São Paulo. Disponível em:
[http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acidentes/
acidentes.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acidentes/acidentes.asp) > acesso em abril de 2008.
- CLARK, R.B. 2001. Marine Pollution, 5th ed. Oxford University Press, UK.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community
structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. 2001. Change in marine communities: An approach
to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. PRIMER E Limited. Plymouth, UK.
- CONLAN, K.E. 1994. Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review.
Journal of Natural History, 28: 519-554.
- CONRADI, M., LÓPEZ-GONZÁLES, P.J., CERVERA, J.L., GARCÍA-GÓMEZ, J.C.
2000. Seasonality and spatial distribution of peracarids associated with the bryozoan
Bugula neritina in Algericas Bay, Spain. *Journal of Crustacean Biology*, 20(2):334-
349.
- COSSICH, E. S.; SILVA, E. A.; TAVARES, C. R. G.; CARDOZO FILHO, L. &
RAVAGNANI, T. M. K. 2004. Biosorption of chromium(III) by biomass of seaweed
Sargassum sp. in a fixed-bed column. *Adsorption-Journal of the International
Adsorption Society*, 10: 129-137.

- CURVÊLO, R. 1998. A meiofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* C. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- DAUVIN, J. C.; GENTIL, F. 1990. Conditions of the peracarid populations of subtidal communities in northern Britain ten years after the Amoco Cadiz oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 21(3): 123-130.
- DUBIASKI-SILVA, J. 1999. O fital de *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 (Phaeophyta - Fucales) e seu papel na dieta de peixes e braquiúros na ponta das Garoupas, Bombinhas, Santa Catarina. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.
- DUBIASKI-SILVA, J & MASUNARI, S. 1995. Ecologia populacional dos Amphipoda do fital de Caiobá, Matinhos, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, 12: 373-396
- DUFFY, J. E. 1990. Amphipods on seaweeds: partners or pests? *Oecologia*, 8: 267-276.
- DUFFY, J. E. & HAY, M. E. 2000. Strong impacts of grazing amphipods on the organization of a benthic community. *Ecological Monographs*, 70(2): 237-263.
- EDGAR, G. J. 1983. The ecology of south-east Tasmanian phytal animal communities. II. Seasonal change in plant and animal populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 70:159-179.
- ESTON, V. R.; MIGOTO, A. E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RODRIGUES, S. A. & FREITAS, J. C. 1986. Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). *Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo*, 34: 37-53.

- ESTON, V. R. & BUSSAB, W. O. 1990. An experimental analysis of ecological dominance in a rocky subtidal macroalgal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 136: 170-195.
- EVANS, D. R. & RICE, S. D. 1974. Effects of oil on marine ecosystems: a review for administrators and policy makers. *Fisheries Bulletin*, 72(3): 625-638.
- FRANÇA, F. P.; PADILHA, F. P. & COSTA, A. C. 2006. Continuous biotreatment of copper concentrated solutions by biosorption with *Sargassum* sp. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 128(1): 23-32.
- FURTADO, V. V.; BÍCEGO, M. C. & WEBER, R. R. 1987. Modelo de dispersão de óleo na região do Canal de São Sebastião - Estado de São Paulo. *Anais. 1º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Publicação ACIESP*, 54 (2): 371-388,
- GERLACH, S. A. 1976. *Marine Pollution: diagnosis and therapy*. Berlin: Springer Verlag.
- GONZÁLES, A.R.; GUERRA-GARCÍA, J.M.; MAESTRE, M.J.; RUIZ-TABARES, A.; ESPINOSA, F.; GORDILLO, I.; SÁNCHEZ-MOYANO, J. E. & GARCÍA-GÓMEZ, J.C. 2008. Community structure of caprellids (Crustacea: Amphipoda: Caprellidae) on seagrasses from southern Spain. *Helgoland Marine Research*, 62: 189-199
- GUERRA-GARCÍA, J. M., GONZÁLES-VILA, F. J., GARCÍA-GÓMEZ, J. C. 2003. Aliphatic hydrocarbon pollution and macrobenthic assemblages in Ceuta harbour: a multivariate approach. *Marine Ecology Progress Series*, 263: 127-138.
- GUNNILL, F. C. 1985. Growth, morphology and microherbivore faunas of *Pelvetia fastigiata* (Phaeophyta, Fucaceae) at La Jolla, California, USA. *Botanica Marina*, 28: 187-199.
- GÜTH, A. Z. A 2004. Comunidade fital: Variação espacial e nictemeral da epifauna, especialmente anfípodos, associada à alga parda *Sargassum* spp. em quatro praias de

- Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Tese de Mestrado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- HAGERMAN, L. 1966. The macro and microfauna associated with *Fucus serratus* L., with some ecological remarks. *Ophelia* 3: 1-43.
- HIR, M. L. & HILY, C. 2002. First observation in a high rocky-shore community after the Erika oil spill (December 1999, Brittany, France). *Marine Pollution Bulletin*, 44: 1243-1252.
- INCE, R.; HYNDES, G. A.; LAVERY, P. S. & VANDERKLIFT, M. A. 2007. Marine macrophytes directly enhance abundances of sandy beach fauna through provision of food and habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 74: 77-86.
- JACOBUCCI, G. B. 2000. Distribuição vertical e flutuação sazonal da macrofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* C. Agardh, em uma praia do litoral norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- JACOBUCCI, G. B.; MORETTI, D.; SILVA, E. M. & LEITE, F. P. P. 2002. Caprellid amphipods on *Sargassum cymosum* (Phaeophyta): depth distribution and population biology. *Nauplius*, 10(1): 27-36.
- JACOBUCCI, G. B. 2005. Interações *Sargassum*-epífitas-anfípodes herbívoros na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- JACOBUCCI, G. B., GÜTH, A. Z., TURRA, A., MAGALHÃES, C. A., DENADAI, M. R., CHAVES, N.A.M.R. & SOUZA, E.C.F. 2006. Levantamento de Mollusca, Crustacea e Echinodermata associados a *Sargassum* spp. na Ilha da Queimada

- Pequena, Estação Ecológica dos Tupiniquins, litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 6(2).
- JACOBUCCI, G. B., TANAKA, M. O., LEITE, F. P. P. 2009. Temporal variation of amphipod assemblages associated with *Sargassum filipendula* (Phaeophyta) and its epiphytes in a subtropical shore. *Aquatic Ecology*, 43: 1-10.
- JUNOY, J., CASTELLANOS, C. VIÉITEZ, J. M., HUG, M. R. de la; LASTRA, M. 2005. The macrofauna of the Galician sandy beach (NW Spain) affected by the Prestige oil-spill. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 526-536.
- KELLY, D. W., BAILEY, R. J., MACNEIL, C., DICK, J. T. A. & MCDONALD, R. A. 2006. Invasion by the amphipoda *Gammarus pulex* alters community composition of native freshwater macroinvertebrates. *Diversity and Distributions*, 12: 525-534.
- KNUTZEN, J., SORTLAND, B. 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the Coast of Norway. *Water Research*, 16(4): 421-428.
- LEITE, F. P. P. 1981. Aspectos do ciclo de vida das espécies mais representativas de Gammaridea (Crustacea, Amphipoda) do fita da praia do Lamberto, Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- LEITE, F. P. P.; JACOBUCCI, G. B. & GÜTH, A. Z. 2000. Temporal comparison of gammaridean amphipods of *Sargassum cymosum* on two rocky shores in southeastern Brazil. *Nauplius*, 8(2): 227-236.
- LEITE, F. P. P.; M. O. TANAKA & R. S. GEBARA. 2007. Structural variation in the brown alga *Sargassum cymosum* and its effects on associated amphipod assemblages. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos - SP, 67: 215-221.

- LEITE, F. P. P. & TURRA, A. 2003. Temporal variation in *Sargassum* biomass, *Hypnea* epiphytism and associated fauna. Brazilian Archives of Biology and Technology, 46(4): 665-671.
- LEITE, S. G. F. & VALDMAN, E. 2000. Biosorption of cadmium, zinc and copper by *Sargassum* sp. waste biomass. Bioprocess Engineering, 22(2): 171-173.
- LOPES, C. F.; MILANELLI, J. C. C.; PROSPERI, V. A.; ZANARDI, E. & TRUZZI, A. C. 1997. Coastal monitoring of São Sebastião Channel: Assessing the effects of TEBAR V oil spill on rocky shore populations. Marine Pollution Bulletin, 34(11): 923-927.
- LORENTI, M. & MARIANI, S. 1997. Isopod assemblages in the Straits of Magellan: structural and functional aspects. Polar Biology, 18: 254-259.
- MARQUES, A. N. JR.; MORAES, R. B. C. & MAURAT, M. C. Poluição Marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (eds.) 2002. Biologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência.
- MASUNARI, S. 1982. Organismos do fital *Amphiroa beauvoisii* Lamouroux, 1816 (Rhodophyta: Corallinaceae). I. Autoecologia. Boletim de Zoologia da Universidade Estadual de São Paulo, 7: 57-148
- MATAVELLI, C.; UEHARA-PRADO, M.; LEITE, F. P. P. & FREITAS, A.V.L, 2009. Some aspects of the population ecology of the exotic amphipod, *Talitroides topitotum*, in an atlantic forest reserve in Brazil. Crustaceana, 82(2): 241-251.
- MAURAT, M. C. S, 1996. Efeito crônico do óleo bruto, de dispersante de petróleo e da mistura óleo/dispersante na espécie *Champia parvula* (C. Agardh) Harvey – macroalga. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

- MEDEIROS, P. M. & BÍCEGO, M. C, 2004. Investigation of natural and anthropogenic hydrocarbon inputs in sediments using geochemical markers. II. São Sebastião, SP-Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 892-899.
- MELO, S. L. R. 1993. Testes de toxicidade com sedimentos marinhos: adequação de metodologia para o anfípodo escavador *Tiburonella viscana*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- MENDES, F. M. 2007. Estrutura da comunidade macrozoobentônica na região de influência do Terminal Almirante Barroso (TEBAR) no Canal de São Sebastião (SP, Brasil). Dissertação de Mestrado. Instituto oceanográfico – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- MILANELLI, J. C. C. 1994. Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em um costão rochoso da praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP,
- MILANELLI, J. C. C. 2003. Biomonitoramento de costões rochosos no Canal de São Sebastião: instrumento para avaliação de impactos ambientais gerados por derrames de petróleo. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente) Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração das Cartas SÃO. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/projeto/_arquivos/especificacoes_cartas_sao.pdf - acesso em setembro de 2006

- MOREIRA, J., LOURIDO, A., TRONCOSO, J. S. 2008a. Diversity and distribution of peracarid crustaceans in shallow subtidal soft bottoms at the Enseada de Baiona (Galicia, NW Spain). *Crustaceana*, 81(9): 1069-1089.
- MOREIRA, J., GESTOSO, L., TRONCOSO, J. S. 2008b. Diversity and temporal variation of peracarid fauna (Crustacea: Peracarida) in the shallow subtidal of a sandy beach: Playa América (Galicia, NW Spain). *Marine Ecology*, 29(1): 12-18.
- MUKAI, H. 1971. The phytal animals on the thalli of *Sargassum serratifolium* in the *Sargassum* region, with reference to their seasonal fluctuations. *Marine Biology*, 8: 170-182.
- MYERS, A. A. & LOWRY, J. K. 2003. A phylogeny and a new classification of the corophiidea Leach, 1814 (Amphipoda). *Journal of crustacean biology*, 23(2):443-485.
- NIKITIK, C. C. S. & ROBINSON, A. W. 2003. Patterns in benthic populations in the Milford haven waterway following the “Sea Empress” oil spill with special reference to amphipods. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 1125-1141.
- NORTON, T. A. & BENSON, M. R. 1983. Ecological interactions between the brown seaweed *Sargassum muticum* and its associated fauna. *Marine Biology* 75: 169-177.
- OHJI, M.; ARAI, T. & MIYAZAKI, N. 2003. Chronic effects of tributyltin on the caprellid amphipod *Caprella danilevskii*. *Marine Pollution Bulletin*, 46(10): 1263-1272.
- OTTWAY, S. 1971. The comparative toxicities of crude oils. In: COWELL, E. B. (ed.) *Ecological effects of oil on littoral communities*. Applied Science Publishers.
- PAULA, E. J. & ESTON, V. R. 1987. Are there other *Sargassum* species potentially as invasive as *S. muticum*? *Botanica Marina*, 30 (5): 405-410.

- PAULA, E. J. & OLIVEIRA-FILHO, E. C. 1980. Phenology of two populations of *Sargassum cymosum* (Phaeophyta - Fucales) of São Paulo State coast, Brazil. Boletim de Botânica, 8: 21-39.
- PEREIRA, C. D. S.; ABESSA, D. M. T.; BAINY, A. C. D.; ZARONI, L. P.; GASPARRO, M. R.; BÍCEGO, M. C.; TANIGUCHI, S.; FURLEY, T. H. & SOUZA, E. C. P. 2007. Integrated assesment of multilevel biomarker responses and chemical anaysis in mussels from São Sebastião, São Paulo, Brazil. Environmental Toxicology and Chemistry, 26 (3): 462-469.
- POFFO, I. R. F.; XAVIER, J. C. M. & SERPA, R. R. 2001. A história dos 27 anos de vazamento de óleo no litoral norte do Estado de São Paulo (1974-2000). Revista Meio Ambiente Industrial, 30: 98-104.
- ROBERTS, B. K. & CONNEL, S. D. 2008. Detecting benthic responses to human-induced change : effectiveness of alternate taxonomic classification and indices. Marine Ecology Progress Series, 358: 75-84.
- ROBERTS, D. A., POORE, A. G. B., JOHNSTON, E. L. 2006. Ecological consequences of copper contamination in macroalgae: effects on epifauna and associated herbivores. Environmental Toxicology and Chemistry, 25(9): 2470-2749.
- ROBERTS, D. A., JOHNSTON, E. L., POORE, A.G. B. 2008. Biomonitoring and the assessment of ecological impacts: distribution of herbivorous epifauna in contaminated macroalgal beds. Environmental Pollution, 156(2) : 489-503.
- ROHR, J. R., KERBY, J. L. & SIH, A., 2006. Community ecology as a framework for predicting contaminant effects. Trends in Ecology and Evolution, 21(11): 606-613.
- RUFFO, S. 1998. The amphipoda of the mediterranean, Part 4. Memories de L' Institut Oceanographique, Foundation Albert I^{er}, Prince de Monaco.

- RUSSO, A. R. 1989. Fluctuations of epiphytal gammaridean amphipods and their seaweed hosts on an Hawaiian algal reef. *Crustaceana*, 57(1): 25-37.
- SAINT-MARIE, B. 1991. A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. *Hydrobiologia*, 223: 189-227.
- SANDERS, H. L.; GRASSLE, J. F.; HAMPSON, G. R.; MORSE, L. S. & GARNER-PRICE, S.; JONES, C. C. 1980. Anatomy of an oil spill: long-term effects from the grounding of the Barge Florida off West Falmouth, Massachusetts. *Journal of Marine Research*, 38(2): 265-280.
- SHAEFFER-NOVELLI, Y. 1990. Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados. *Anais. 2º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo. Publicação ACIESP*, 71 (2): 375-399.
- SMITH, S. D. A. & SIMPSON, R. D. 1992. Monitoring the shallow sublitoral using the fauna of kelp (*Ecklonia radiata*) holdfasts. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 46-52.
- SOLIMAN, Y. S. & WADE, T. L. 2008. Estimates of PAHs burdens in a population of amphipod amphipods at the head of the Mississippi Canyon (N. Gulf of Mexico). *Deep-Sea Research*, 55: 2577-2584.
- STEINHAUER, M.S., BOEHM, P.D. 1992. The composition and distribution of saturated and aromatic hydrocarbons in nearshore sediments, river sediments, and coastal peat of Alaskan Beaufort Sea: implications for detecting anthropogenic hydrocarbon inputs. *Marine Environmental Research*, 33: 223-253.

- SZÉCHY, M. T. M. & PAULA, E. J. 2000. Padrões estruturais quantitativos em bancos de *Sargassum* (Phaeophyta, Fucales) do litoral dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 23(2): 121-132.
- TAKEUCHI, I.; TAKAHASHI, S.; TANABE, S. & MIYAZAKI, M. 2001. *Caprella* watch: a new approach for monitoring butyltin residues em the ocean. *Marine Environmental Research*, 52: 97-113.
- TANAKA, M. O. & LEITE, F. P. P. 2003. Spatial scaling in the distribution of macrofauna associated with *Sargassum stenophyllum* (Mertens) Martius: analyses of faunal groups, gammarid life habits, and assemblage structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 293(1): 1-22.
- TANIGUCHI, S. 2002. Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos e organoclorados em diferentes compartimentos do ambiente marinho do estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Instituto de Química - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- TARARAM, A. S. & WAKABARA, Y. 1982. Notes on the feeding of *Blennius cristatus* Linnaeus from a rocky pool of Itanhaém, São Paulo state. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 31(2): 1-3.
- TARARAM, A. S. & WAKABARA, Y. 1981. The mobile fauna - especially Gammaridea of *Sargassum cymosum*. *Marine Ecology Progress Series*, 5: 157-163.
- TARARAM, A. S., WAKABARA, Y. & TAKEDA, A. M. 1981. Seasonal variations of amphipoda species living on *Sargassum* in Itanhaém, São Paulo – Brazil. *Anais do II Seminário Regional de Ecologia*, São Carlos, pág. 305-315.
- THOMAS, J. D. 1993. Biological monitoring and tropical diversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. *Journal of Natural History*, 27: 795-806.

- VÄINÖLÄ, R., WITT, J. D. S., GRABOWSKI, M., BRADBURY, J. H., JAZDZEWSKI, K. SKET, B. 2008. Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 595: 241-255.
- UNDERWOOD, A. J. 1999. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- VALÉRIO-BERARDO, M. T. 1992. Composição e distribuição da fauna de Amphipoda de fundos não consolidados da região de Ubatuba. Tese de doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- VIEJO, R. M. 1999. Mobile epifauna inhabiting the invasive *Sargassum muticum* and two local seaweeds in northern Spain. *Aquatic Botany*, 64: 131-149.
- VIEJO, R. M. & ARRONTEs, J. 1992. Interactions between mesograzers inhabiting *Fucus vesiculosus* in northern Spain. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 162: 97-111.
- VIGANÒ, L.; FARKAS, A.; GUZZELA, L.; ROSCIOLI, C. & ERRATICO, C. 2007. The accumulation levels of PAHs, PCBs and DDTs are related in an inverse way to the size of a benthic amphipod (*Echinogammarus stammeri* Karaman) in the River Po. *Science of the Total Environment*, 373: 131-145.
- WAKABARA, Y.; TARARAM, A. S. & TAKEDA, A. M. 1983. Comparative study of the amphipod fauna living on *Sargassum* of two Itanhaém shores, Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 3: 602-607.
- WARWICK, R. M. 1993. Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. *Australian Journal of Ecology*, 18: 63-80.

- WEBER, R. R.; ZANARDI, E. & BÍCEGO, M. C. 1998. Distribuição e ocorrência dos hidrocarbonetos biogênicos e de petróleo na água do mar superficial e nos sedimentos de superfície da região da Plataforma Interna do Canal de São Sebastião, SP, Brasil. Relatório Técnico do Instituto Oceanográfico, 43: 1-14.
- ZAMPROGNO, C. 1989. Distribuição e hábitos alimentares dos peixes da zona entremarés de recifes rochosos da praia de Manguinhos, Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- ZANARDI, E.; BÍCEGO, M. C. & WEBER, R. R. 1999a. Dissolved/dispersed petroleum aromatic hydrocarbon in the São Sebastião Channel, SP, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 38(5): 410-413.
- ZANARDI, E.; BÍCEGO, M. C.; WEBER, R. R. & MIRANDA, L. B. 1999b. Distribution of petroleum aromatic hydrocarbons in seawater and sediments of the São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 38(4): 262-267.
- ZIMMERMAN, R.; GIBSON, R. & HARRINGTON, J. 1979. Herbivory and detritivory among gammaridean amphipods from a Florida seagrass community. *Marine Biology* 54: 41-47.

ANEXO 1 – Fotos dos locais de coleta



Ponto 1 – Ponta da Sela



Ponto 2 – Praia do Curral



Ponto 3 – Praia do Oscar



Ponto 4 – Ponta das Canas



Ponto 5 – Praia do Sino



Ponto 6 – Viana/Barreiros

ANEXO 2 - Métodos utilizados nas análises químicas

As amostras de alga foram secas durante 72 horas em liofilizador Thermo Savant – modulyo D. Em seguida, foram maceradas e homogeneizadas em almofariz com pistilo e armazenadas em frascos de vidro previamente limpos com solvente.

O procedimento metodológico descrito a seguir foi baseado em MacLeod *et al.* (1986) com algumas modificações. Uma porção de cada uma das amostras foi extraída com n-hexano e diclorometano 50% (v/v) em soxhlet durante 8 horas. O grau de pureza dos solventes era “para análise de resíduos orgânicos”, ambos da J. T. Baker, Estados Unidos. Antes da extração foram adicionados 100 μL dos padrões internos (surrogate) com diferentes concentrações no branco e em cada uma das amostras. Para os hidrocarbonetos alifáticos (AHs) e policíclicos aromáticos (PAHs) foram adicionados hexadeceno e eicoseno ($50 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$) e naftaleno- d_8 , acenafteno- d_{10} , fenantreno- d_{10} , criseno- d_{12} e perileno- d_{12} ($5 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$), respectivamente, em todas as amostras, brancos e materiais de referência certificados (SRM).

O extrato evaporado foi submetido a uma coluna cromatográfica contendo 8 gramas de sílica gel sobre 16 gramas de alumina (ambas da Merck) 5% desativadas com água pré-extraída e 1 grama de sulfato de sódio da J. T. Baker no topo. A eluição foi feita com 80 mL de uma mistura de n-hexano e diclorometano (50%). O eluato foi concentrado novamente e foram adicionados os padrões internos cromatográficos 100 tetradeceno ($50 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$) para os alifáticos e (benzo(b)fluoranteno- d_{12} - $5 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$) para um volume final de 1 mL.

Uma alíquota do extrato final foi injetada no cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama (GC-FID 6890) para análise de hidrocarbonetos alifáticos e outra no cromatógrafo a gás equipado com espectrômetro de massas (GC-MS 6890/5973N) ambos da Agilent Technologies. As temperaturas do injetor e detector do GC-FID foram de 300°C e

325°C, respectivamente. O gás de arraste foi o hidrogênio ultrapuro e o gás auxiliar foi o nitrogênio. As temperaturas do GC-MS foram de 280, 280 e 300°C no injetor e na interface e na fonte de íons, respectivamente e o gás de arraste foi o hélio. A injeção em ambos os equipamentos foi feita em splitless e a coluna capilar utilizada foi de sílica fundida com 30 metros, 0,32 mm, de diâmetro interno e 0,25 µm de filme de 5% fenilmetilsiloxana da J&W Scientific. A programação da rampa de temperatura foi 40°C subindo a uma taxa de 20°C min⁻¹ até 60°C e em seguida até 290°C a 5°C min⁻¹ e em seguida a 10°C min⁻¹ até 300°C ficando isotérmico durante 10 minutos. A identificação dos AHs e PAHs foi feita por comparação dos tempos de retenção com padrões de referência da Accustandard, EUA. Os compostos analisados no GC-MS em modo SIM (monitoramento seletivo de íons) também foram identificados também através do espectro de massas. A quantificação foi feita por razões entre os surrogates e os compostos de interesse, baseada nas curvas analíticas montadas com pelo menos 05 concentrações diferentes de cada grupo de compostos. Os hidrocarbonetos alifáticos quantificados foram os n-alcanos, incluindo C12–C34, isoprenóides (pristano, fitano) e os PAHs quantificados foram os compostos com 2-5 anéis e seus alquilsustituídos.

O controle de qualidade analítica incluiu a análise de brancos, branco fortificado, matriz fortificada e duplicata de amostra, material de referência certificado (SRM 2978 (Mussel Tissue) proveniente da National Institute of Standards and Technology (NIST) dos Estados Unidos (EUA).

ANEXO 3- Riqueza (S), abundância (N), diversidade de Shannon (H') e densidade total (N/g) dos anfípodas por amostra no outono e inverno. Amostras representadas por ponto (P), transecto (T) e fronde (F).

Outono				
Amostra	S	N	H	N/g
P1T1F1	6	96	0,887	79,668
P1T1F2	7	204	0,466	261,204
P1T1F3	5	80	0,481	108,108
P1T1F4	4	131	0,402	243,494
P1T1F5	4	184	0,348	232,911
P1T2F1	5	389	0,626	101,065
P1T2F2	8	110	1,322	46,355
P1T2F3	7	52	1,709	25,060
P1T2F4	7	94	0,854	67,675
P1T2F5	8	151	0,958	68,668
P2T1F1	10	248	1,021	195,893
P2T1F2	11	298	0,941	195,026
P2T1F3	12	239	1,271	116,358
P2T1F4	11	204	0,901	400,000
P2T1F5	15	502	0,942	343,836
P2T2F1	15	935	1,078	146,897
P2T2F2	10	290	0,995	80,983
P2T2F3	14	847	1,152	281,022
P2T2F4	11	203	1,228	81,038
P2T2F5	13	776	1,422	163,575
P3T1F1	13	133	2,241	48,540
P3T1F2	11	240	1,166	190,627
P3T1F3	7	39	1,617	72,626
P3T1F4	8	70	1,64	65,177
P3T1F5	11	74	1,634	114,907
P3T2F1	10	107	1,692	109,072
P3T2F2	9	285	1,656	273,512
P3T2F3	13	151	1,911	108,011
P3T2F4	12	147	2,077	140,940
P3T2F5	14	684	1,741	235,294
P4T1F1	9	658	1,105	130,997
P4T1F2	12	217	2,042	60,378
P4T1F3	13	1482	1,586	144,402
P4T1F4	15	235	2,145	30,759
P4T1F5	13	928	1,496	224,915
P4T2F1	13	911	1,788	115,477
P4T2F2	9	244	1,433	148,962
P4T2F3	10	45	2,065	15,491
P4T2F4	11	255	1,577	52,806
P4T2F5	10	49	1,638	34,975

P5T1F1	14	428	1,827	89,671
P5T1F2	9	48	1,853	24,084
P5T1F3	10	77	1,75	20,115
P5T1F4	10	261	1,659	68,793
P5T1F5	16	735	1,921	53,130
P5T2F1	12	177	1,516	53,058
P5T2F2	10	127	1,771	42,978
P5T2F3	10	696	1,265	98,625
P5T2F4	8	328	1,385	101,485
P5T2F5	13	1332	1,765	144,783
P6T1F1	12	128	1,495	25,564
P6T1F2	13	156	1,902	37,618
P6T1F3	9	269	1,205	65,658
P6T1F4	10	152	1,628	14,399
P6T1F5	8	155	1,731	21,221
P6T2F1	10	346	1,394	50,415
P6T2F2	10	117	1,14	29,962
P6T2F3	8	71	1,342	37,566
P6T2F4	8	164	1,072	21,205
P6T2F5	13	208	1,845	43,469

Inverno				
Amostra	S	N	H	N/g
P1T1F1	3	6	1,011	16,997
P1T1F2	12	112	1,758	71,841
P1T1F3	5	72	0,725	43,902
P1T1F4	10	133	0,991	114,065
P1T1F5	7	36	1,719	18,293
P1T2F1	10	117	0,948	97,990
P1T2F2	6	32	1,409	76,010
P1T2F3	6	32	1,397	42,384
P1T2F4	6	78	1,42	68,662
P1T2F5	3	7	0,796	9,682
P2T1F1	11	160	1,719	52,963
P2T1F2	8	108	1,736	142,668
P2T1F3	4	9	1,149	9,804
P2T1F4	9	179	1,277	160,251
P2T1F5	8	82	1,465	74,007
P2T2F1	7	99	1,109	707,143
P2T2F2	10	375	1,348	218,786
P2T2F3	9	53	1,73	31,305
P2T2F4	8	52	1,588	30,952
P2T2F5	9	67	1,474	161,058
P3T1F1	13	288	1,731	102,967
P3T1F2	11	379	1,369	114,363
P3T1F3	11	322	1,451	42,774
P3T1F4	13	648	1,487	292,023
P3T1F5	12	282	1,889	65,965

P3T2F1	9	419	1,321	526,382
P3T2F2	13	433	1,706	552,296
P3T2F3	8	246	1,215	246,740
P3T2F4	8	214	0,861	219,038
P3T2F5	10	265	1,461	155,152
P4T1F1	12	614	1,001	216,502
P4T1F2	10	280	1,209	97,697
P4T1F3	10	319	1,324	154,479
P4T1F4	9	389	0,771	232,100
P4T1F5	9	378	1,096	77,364
P4T2F1	8	179	1,027	54,959
P4T2F2	11	184	1,802	49,449
P4T2F3	3	99	0,465	30,183
P4T2F4	7	58	1,103	16,206
P4T2F5	4	26	0,937	11,008
P5T1F1	7	170	1,007	37,494
P5T1F2	6	48	1,315	16,801
P5T1F3	8	116	1,417	34,038
P5T1F4	8	752	0,918	157,388
P5T1F5	6	110	1,081	48,330
P5T2F1	13	703	1,739	138,141
P5T2F2	11	140	1,752	57,613
P5T2F3	13	553	1,767	63,901
P5T2F4	9	298	1,807	71,790
P5T2F5	9	115	1,47	12,380
P6T1F1	9	174	1,687	64,136
P6T1F2	7	153	1,556	57,823
P6T1F3	8	34	1,613	24,478
P6T1F4	7	126	1,281	34,342
P6T1F5	8	112	1,053	45,125
P6T2F1	7	45	1,415	25,967
P6T2F2	4	61	0,984	50,539
P6T2F3	7	406	1,502	77,748
P6T2F4	5	63	1,044	21,176
P6T2F5	4	11	0,885	3,710
