Leandro Kodama Kasamatsu

Análise espaço-temporal da composição da dieta,
preferência alimentar e desenvolvimento de
gônadas de *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816)
no infralitoral rochoso da Enseada de Parati-Mirim
(Paraty, RJ).

Spatial-temporal analysis of diet composition,
feeding preference and gonadal development of
Lytechinus variegatus (Lamarck, 1816) on the
rocky sublittoral of Parati-Mirim Bight in Parati-
Mirim (Paraty, RJ).

São Paulo

2012

Leandro Kodama Kasamatsu

Análise espaço-temporal da composição da dieta,
preferência alimentar e desenvolvimento de
gônadas de *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816)
no infralitoral rochoso da Enseada de Parati-Mirim
(Paraty, RJ).

Spatial-temporal analysis of diet composition,
feeding preference and gonadal development of
Lytechinus variegatus (Lamarck, 1816) on the
rocky sublittoral of Parati-Mirim Bight in Parati-
Mirim (Paraty, RJ).

Dissertação apresentada ao Instituto
de Biociências da Universidade de
São Paulo, para a obtenção de
Título de Mestre em Ciências, na
Área de Ecologia.

Orientador(a): Dr. Sergio Rosso

São Paulo

2012

Kasamatsu, Leandro Kodama

Análise espaço-temporal da composição da dieta, preferência alimentar e desenvolvimento de gônadas de *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) no infralitoral rochoso da Enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ).

130 páginas

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.

1. Preferência alimentar 2. Desenvolvimento gonadal 3. *Lytechinus variegatus* I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr.(a). Sergio Rosso

Orientador(a)

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que, durante todo este processo, me apoiaram e que também me criticaram. As críticas ajudam, e muito, a sempre melhorar.

Algumas pessoas devem ser agradecidas em especial. Em primeiro lugar a minha namorada, Bárbara, que não só me ajudou física e emocionalmente, mas também me aturou, e vem me aturando, em todos esses anos.

Aos amigos Paulo e Thaise, que por felicidade do destino apareceram no meio do percurso e não só se tornaram grandes amigos, como também foram fundamentais na realização deste trabalho.

À minha família por me darem base para ser quem eu sou e por serem pessoas com as quais sempre posso contar.

À Dalva, não mais trabalhando na secretaria da Ecologia, mas que foi uma peça chave para que este trabalho acontecesse.

Às colegas do laboratório Gisele e Edisa pela força e pelas palavras de incentivo. À Dra. Mutue Toyota Fujii e equipe do laboratório do departamento de Ficologia do Instituto de Botânica pelo auxílio na identificação das algas.

Ao Prof. Marcelo Pompêo e os alunos do laboratório de Limnologia, por me permitir usar o motor de popa e as dependências do laboratório.

À Ana, por me hospedar e me permitir fazer uma bagunça em sua casa. Ao Otanio, sempre prestativo para deixar um barco a disposição e a muitas outras pessoas de Parati-Mirim, lugar maravilhoso que tive o prazer de conhecer.

Por fim, agradeço ao Prof. Sergio Rosso, não só pela orientação na realização deste trabalho, mas também pelos momentos agradáveis em Parati-Mirim e pelas conversas “extra-oficiais” que, mesmo que não sejam mais importantes do que as conversas oficiais, me fizeram crescer pessoal e profissionalmente.

Índice

Introdução Geral	01
Objetivo Geral	05
Metodologia Geral	06
Capítulo 1. Densidade populacional, diâmetro da testa e índice gonadal	12
Capítulo 2. Descrição do fitobentos no entorno dos indivíduos	40
Capítulo 3. Descrição da dieta	56
Capítulo 4. Preferência alimetar	74
Conclusão	92
Resumo	93
Abstract	94
Referências Bibliográficas	95

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa da região de Paraty / Parati – Mirim , mostrando a enseada de Parati-Mirim, com a área de estudo em destaque. **Pág. 09**

Figura 2 – Área de estudo mostrando os quatro setores de coleta. **Pág. 10**

Figura 3 – Medição do diâmetro de *Lytechinus variegatus* utilizando um paquímetro plástico com precisão milimétrica. **Pág. 16**

Figura 4 – *Lytechinus variegatus* sem os órgãos do sistema digestório, permitindo o acesso às gônadas. **Pág. 17**

Figura 5 - Variação da densidade média de *Lytechinus variegatus* nos quatro setores (Descalvado - vermelho, Algodão 1 - amarelo, Algodão 2 - verde e Saco da Velha - azul) no conjunto das coletas (11/2010 e 01, 03, 05, 07 e 09/2011, representadas respectivamente pelos números de 1 a 6 dentro de cada setor), amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (♦) mostram as réplicas dentro de cada setor (N=8). **Pág. 19**

Figura 6 - Variação da densidade média de *Lytechinus variegatus* nas seis coletas (11/2010 - vermelho e 01 - amarelo, 03 - rosa, 05 - laranja, 07 - verde e 09/2011 - azul) no conjunto dos quatro setores (Descalvado, Algodão 1, Algodão 2 e Saco da Velha, representados respectivamente de 1 a 4 dentro de cada coleta), amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (♦) mostram as réplicas dentro de cada setor (N=8). **Pág. 20**

Figura 7 – Classes de tamanho dos ouriços (N = 192) que compõem as populações em Parati-Mirim (Paraty, RJ). **Pág. 21**

Figura 8 - Variação do diâmetro médio de *Lytechinus variegatus* nos quatro setores (Descalvado - vermelho, Algodão 1 - amarelo, Algodão 2 - verde e Saco

da Velha - azul) no conjunto das seis coletas (11/2010 e 01, 03, 05, 07 e 09/2011, representadas respectivamente pelos números de 1 a 6 dentro de cada setor), amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (♦) mostram as réplicas dentro de cada coleta (N=8). **Fig. 23**

Figura 9 – Correlação não paramétrica de Spearman entre índice gonadal (I.G.) e o peso do ouriço – peso da gônada, por setores, para todos os ouriços amostrados (N=192). **Fig. 24**

Figura 10 – Correlação não paramétrica de Spearman entre índice gonadal (I.G.) e o peso do ouriço – peso da gônada, por coletas, para todos os ouriços amostrados (N=192). **Fig. 25**

Fig 11 – Variação do índice de gônadas (I.G.) nas seis coletas (11/2010 - vermelho e 01 – amarelo, 03 - rosa, 05 - laranja, 07 - verde e 09/2011 - azul), no conjunto das quatro setores (Descalvado, Algoodão 1, Algodão 2 e Saco da Velha, representados respectivamente pelos números de 1 a 4 dentro de cada coleta) amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (♦) mostram as réplicas dentro de cada coleta (N=8). **Fig. 27**

Figura 12 – Análises de regressão entre o índice gonadal (I.G.) e os tempos de coleta no setor 1 (A), setor 2 (B), setor 3 (C) e setor 4 (D) / $p = 0,04; 0,80; 0,92$ e $0,64$, respectivamente. **Fig. 28**

Figura 13 – Imagem do procedimento de raspagem com a moldura quadrada de 20 cm de lado e malha de 0,1cm delimitando a área de raspagem e coleta do fitobentos. **Fig. 43**

Figura 14 – Frequência de ocorrência (FO), calculada em termos de abundância relativa, dos 20 gêneros de algas presentes nas amostras de fitobentos em Parati-Mirim (Paraty, RJ). Em cima das barras os números de FO. **Fig. 45**

Figura 15 – Diagrama PCA das amostras do fitobentos (N=192). Em destaque as três formações mais distintas e responsáveis pela diferenciação da composição do fitobentos, Sargassum (A), Padina.(B) e Jania (C). as cores representam os diferentes setores: setor 1 (preto), setor 2 (vermelho), setor 3 (azul) e setor 4 (verde). **Fig. 46**

Figura 16 – Conteúdo estomacal pós filtrado que foi encaminhado para triagem sob lupa para identificação dos itens alimentares na dieta de *Lytechinus variegatus*. **Fig. 59**

Figura 17 – Frequência de ocorrência (FO) dos 17 gêneros de alga presentes nas dietas de *Lytechinus variegatus* de Parati-Mirim (Paraty, RJ). Em cima das barras, o valor da FO. **Fig. 60**

Figura 18 – Diagrama PCA das amostras da dieta (N=192). As cores representam os diferentes setores: setor 1 (preto), setor 2 (vermelho), setor 3 (azul) e setor 4 (verde). **Fig. 61**

Figura 19 – Índice de seletividade de Ivlev (E) médio calculado para cada item alimentar em todos os setores e todas as coletas (N=192). **Fig. 79**

Figura 20 – Índice de seletividade de Ivlev (E) para cada gênero de alga, mostrando variações entre os setores (Descalvado - vermelho, Algodão 1 - amarelo, Algodão 2 - verde e Saco da Velha - azul), no conjunto das coletas (11/2010 e 01, 03, 05, 07 e 09/2011, representadas respectivamente pelos números de 1 a 6 dentro de cada coleta). (♦) mostram as réplicas dentro de cada setor (N=8). **Fig. 84**

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resultados da PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Bray-Curtis para a composição do fitobentos na região de Parati-Mirim - RJ. Em negrito a interação estatisticamente significativa para $p < 0,05$. **Pág. 47**

Tabela 2 - Resultados da PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Bray-Curtis para a composição da dieta na região de Parati-Mirim - RJ. Em negrito a interação estatisticamente significativa para $p < 0,05$. **Pág. 62**

Introdução Geral

Os Echinodermata são representados atualmente por 7.000 espécies e todas habitam o ambiente marinho (Barnes & Crook, 2001). De acordo com Watts *et al.* (2007), *Lytechinus* é um gênero das Américas, ocorrendo tanto na costa oeste como na costa leste. *Lytechinus variegatus* é a espécie com a maior faixa de ocorrência dentro do gênero (Watts *et al.*, 2007). Esta espécie é muito abundante e comum no litoral da região Sudeste do Brasil. Sua distribuição é ampla: são observados desde a Carolina do Norte (EUA) até a cidade de Santos, no litoral sul do estado de São Paulo (Souza *et al.* 2008), sendo encontrados também em várias regiões do Caribe. Esta espécie possui coloração que varia de branco até um marrom-avermelhado ou roxo-esverdeado (Moore *et al.*, 1963a). *L. variegatus* parece exibir um comportamento de agregação em grandes grupos em regiões de grande abundância de indivíduos (Moore *et al.*, 1963a). Segundo Abessa *et al.* (2001), *L. variegatus* é encontrado em grande densidade, no entanto, distribuído em poucos lugares onde sempre estão presentes. Por outro lado, em outros locais, eles apresentam densidade baixa e variável, chegando a estarem ausentes destes locais. Esta espécie costuma habitar substratos consolidados e substratos inconsolidados (Vadas *et al.*, 1982), geralmente apresentando uma distribuição em manchas (Abessa *et al.*, 2001).

Os ouriços do mar são elementos chave no que diz respeito à configuração do bentos marinho. Estes & Duggins (1995) mostraram que estes animais fazem parte de um sistema de controle top-down no Alasca. Neste trabalho os autores mostraram que em uma comunidade formada por lontras-ouriços-macrófitas, uma grande abundância de macrófitas era registrada quando as lontras estavam presentes na comunidade, pois estas são predadoras ativas dos ouriços. Na

ausência das lontras, a biomassa das macrófitas era muito baixa enquanto a população de ouriços era muito maior. De maneira similar, os ouriços podem ser responsáveis na diminuição da diversidade do substrato em um trabalho realizado no Quênia (McClanahan & Shafir, 1990). De acordo com os autores, a sobrepesca de peixes predadores de ouriços em áreas não protegidas, e o consequente aumento populacional de ouriços, pode ter causado grandes mudanças no substrato.

A importância dos ouriços como estruturadores das comunidades marinhas bentônicas tem sido muito bem documentada nos últimos anos. Como a maior parte dos trabalhos que tratavam deste assunto foi conduzida em áreas temperadas, como no norte dos Estados Unidos e Europa, o conhecimento sobre as espécies que habitam estes ambientes é consequentemente maior. Vadas *et al.*, (1982) aponta que os ouriços de ambientes temperados são responsáveis por influenciar a distribuição vertical de plantas, a colonização e abundância de macrófitas e os padrões de diversidade e dominância das algas. No entanto, padrões similares começam a ser observados para os ouriços de regiões tropicais e, dentre eles, encontra-se o ouriço *L. variegatus*.

O alto poder predatório dos ouriços pode acarretar em implicações que transcendem o nível de população. Tal comportamento pode afetar diferentes níveis tróficos das cadeias marinhas mostrando, portanto, a importância desta espécie para as respectivas comunidades. Os ouriços do mar geralmente competem por exploração de recursos com outros herbívoros, esta competição pode levar a diminuição da biomassa de produtores e até à exclusão de outros herbívoros. Carpenter (1988) mostrou que após um evento que ocasionou a mortalidade de 95-99% da população de ouriços *Diadema antillarum*, a biomassa de algas nas Ilhas Virgens aumentou cerca de 20%, a biomassa de algas retirada por herbívoros diminuiu em 50% e foram observados peixes herbívoros se alimentando, que antes não eram encontrados na região. Este

trabalho mostra que os ouriços, além de interferir na quantidade de biomassa de produtores, interfere também na relação com outros herbívoros competitivamente mais fracos.

Os ouriços do mar são consumidores importantes em uma variedade de ambientes (Pisut, 2004), ele exerce grande papel de predador alimentando-se ativamente de algas. Os ouriços são conhecidos por serem animais generalistas, entretanto, é compreensível que tal comportamento possa mudar em determinadas ocasiões, como na proximidade do período reprodutivo. Esta mudança é observada em animais como a ave *Molothrus ater*. As fêmeas desta espécie mudam sua dieta de sementes para insetos assim que se aproxima o período de postura de ovos (Ankney & Scott, 1980). Segundo os autores, as fêmeas retiram dos insetos os nutrientes necessários para a formação dos ovos. Pode ser esperado um comportamento similar para ouriços do mar já que as algas, alimento principal de *Lytechinus variegatus* em Parati-Mirim, são conhecidas por apresentar qualidade nutricional diferentes, de acordo com a espécie. Seguindo esta linha de raciocínio, Meidel & Scheibling (1999) mostraram que a qualidade do alimento oferecido tem implicações no processo de maturação gonadal de ouriços do mar.

L. variegatus pode ser predado por peixes e, segundo Moore *et al.* (1963a) dentre seus predadores naturais também encontram-se gastrópodes e pássaros. Mais recentemente, os ouriços tem se deparado com mais um predador, o ser humano. Apesar de serem usados como alimento desde a época dos antigos romanos (Gaspar, 2000), é nos últimos anos que os ouriços tem sido alvo do homem como alternativa alimentar.

A importância do ouriço neste novo mercado é tão grande que muitos trabalhos buscam compreender o seu comportamento com a finalidade de aplicar esse conhecimento na aquicultura (González, 1996; Gaspar, 2000; Grisolia *et al.*, 2012). Na América do Sul os principais criadores de ouriços

visando o consumo humano são Chile e Venezuela, sendo que na Venezuela uma das espécies mais cultivadas é o *L. variegatus* (Gaspar, 2000). O crescimento desta atividade parece estar afetando as populações de ouriços, principalmente quanto ao seu papel ecológico no ambiente. De acordo com Vadas *et al.* (2000) a exploração comercial destes animais reduz o tamanho médio e as densidades populacionais.

Ademais, sendo *L. variegatus* uma espécie muito comum no nosso litoral, é importante pesquisar seus modos alimentares de modo integrado com a reprodução para fins de manejo e gerenciamento da espécie e das comunidades a que está associada.

Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a heterogeneidade espaço temporal da densidade populacional, do tamanho, desenvolvimento gonadal, composição do fitobentos, da dieta e preferência alimentar dos indivíduos da espécie *Lytechinus variegatus* em Parati-Mirim (Paraty, RJ).

Metodologia Geral

Área de Estudo

Este trabalho foi realizado em costões rochosos na entrada da enseada de Parati-Mirim, onde também se encontra a vila de Parati-Mirim, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, povoada principalmente por caiçaras e uma tribo indígena (Benchimol, 2007).

O entorno da enseada é bastante preservado; a presença de vegetação de Mata Atlântica e manguezal ainda é predominante. Isso se deve, em especial, ao fato da enseada de Parati-Mirim estar inserida dentro de uma das unidades de conservação existentes na região, a área de proteção ambiental (APA) do Cairuçu. A região vem sofrendo forte influência antrópica, principalmente devido à intensa especulação imobiliária.

A APA do Cairuçu, criada em 27/12/1983 (Decreto n° 89242), tem uma área de 33.800 ha (Jung-Mendaçolli & Bernacci, 2001; Gomes *et al.*, 2004; Borges & Peixoto, 2009), sua parte continental é limitada pela linha costeira e a parte insular possui 63 ilhas (Figueiredo, 1989; Jung-Mendalloçi & Bernacci, 2001; Figueiredo *et al.*, 2004). Ela é considerada estratégica do ponto de vista da conservação da biodiversidade, pois constitui um corredor ecológico entre as matas primárias da Reserva Ecológica Estadual da Joatinga, o Parque Nacional da Serra da Bocaina e o Parque Estadual da Serra do Mar (Gomes *et al.*, 2004).

No que se refere ao ecossistema marinho, a enseada de Parati-Mirim é uma local de águas calmas, principalmente devido a presença da Ilha do Algodão em sua entrada, apenas com ondulações devidas aos ventos e trânsito de embarcações. Nas épocas mais chuvosas a salinidade na enseada sofre uma forte influência do rio Parati-Mirim, especialmente nas ocasiões de enchentes.

A principal atividade extrativa na enseada é a pesca de camarão com redes de arrasto operadas por traineiras, apenas interrompidas por ocasião dos defesos. Mais recentemente, têm surgido iniciativas de cultivo de algas (*Kappaphycus alvarezii*) em cujas instalações desenvolvem-se mexilhões também aproveitados pela população local. Há também iniciativas de cultivo especificamente destes últimos, usando jovens (sementes) coletados nos costões das ilhas da região. Nos costões propriamente ditos, dentro da enseada de Parati-Mirim, atualmente, a única atividade extrativa é a pesca artesanal de linha ou mergulho, se bem que bastante incipiente.

Pelo visto podemos considerar a enseada de Parati-Mirim, especialmente seus costões rochosos, um ambiente bastante preservado.

Desenho amostral

A enseada de Parati-Mirim é composta por costões rochosos de fácil acesso onde é conhecida a ocorrência de populações de *Lytechinus variegatus*. Uma prospecção preliminar foi realizada na entrada da enseada (fig. 1) com o intuito de identificar os costões com maior densidade de ouriços. Identificadas as áreas com maior densidade populacional de ouriços, quatro estações de coleta (setores) foram selecionadas, levando-se em consideração, não somente a quantidade de ouriços, mas também a homogeneidade do substrato onde se encontravam. A entrada da enseada de Parati-Mirim é dividida em dois canais, um a sudeste e outro a noroeste da Ilha do Algodão. Nos costões desses dois canais foram delimitados quatro trechos, sendo dois no canal sudeste, designados como setor 1 (ponta do Descalvado) e setor 2 (sudeste da Ilha do Algodão), e outros dois no canal noroeste, designados como setor 3 (noroeste da Ilha do Algodão) e setor 4 (junto ao Saco da Velha) (fig.2).

Na delimitação dos setores foi levada em conta a homogeneidade na declividade e estrutura do substrato (com um mínimo de irregularidades como reentrâncias ou fissuras). Em nenhum dos setores o substrato consolidado se estende além dos 12m de profundidade.

Os quatro setores são trechos do costão rochoso com 60m de extensão. Cada setor foi dividido horizontalmente em quatro distritos de quinze metros; estes por sua vez foram subdivididos em três subdistritos de 5m cada. Verticalmente, os setores foram divididos em três níveis. O primeiro nível corresponde à faixa superior com predominância de *Sargassum sp.*. O segundo nível tem como característica menor recobrimento por algas, presença de zoantídeos, poucas algas de maior porte, esparsas, e, principalmente, evidências de predação por parte dos ouriços. Já o terceiro nível é dominado em grande parte por uma cobertura mais contínua de algas de pequeno porte e sedimento; neste nível algas de maior porte são dificilmente encontradas.

No plano temporal as coletas foram conduzidas bimensalmente ao longo de um ano. Em cada bimestre, todos os setores de coleta foram amostrados da forma já descrita anteriormente. As coletas ocorreram nos últimos dias dos meses de Novembro de 2010, e Janeiro, Março, Maio, Julho e Setembro de 2011. Estas coletas serão designadas, respectivamente, pelos números de 1 a 6. Em cada distrito o número de réplicas foi três, aleatoriamente distribuídas entre os níveis, totalizando doze por setor e por coleta. Dentre as réplicas disponíveis, oito foram selecionados aleatoriamente para serem efetivamente analisadas, dos pontos de vista de atributos do indivíduo, densidade populacional e da composição do fitobentos.

Figura 1 – Mapa da região de Paraty / Parati – Mirim , mostrando a enseada de Parati-Mirim, com a área de estudo em destaque.

Figura 2 – Área de estudo mostrando os quatro setores de coleta.

Coleta dos Organismos e medidas abióticas

Os ouriços foram coletados manualmente por meio de mergulho autônomo. Em cada um dos pontos de coleta pré-determinados, um peso de metal era jogado coletando-se o ouriço mais próximo do ponto em que tocou o fundo. Cada indivíduo era então colocado em um saco plástico, juntamente com uma etiqueta, indicando sua procedência. Os animais eram então acomodados em caixas até o retorno para a praia de Parati-Mirim. Feita a coleta, os animais foram levados para a base de campo onde eram injetados com formol 4% salino a fim de preservar o seu conteúdo interno para posterior análise em laboratório (Aragão, 2003; Cobb & Lawrence, 2005).

Dados abióticos de salinidade e temperatura da água também foram amostrados em cada uma das coletas, nos diversos setores. Foram obtidos dois

valores de temperatura em cada setor, sendo um referente à superfície e outro ao fundo. Para isso, foi colocando um termômetro de mercúrio um metro abaixo da superfície e outro um metro acima do limite inferior do costão. Procedimento semelhante foi adotado na obtenção dos dados de salinidade. Em cada setor, foram coletadas uma amostra de água um metro abaixo da superfície e outra, um metro acima do limite inferior do setor. A determinação da salinidade foi feita por meio de um refratômetro portátil.

Capítulo 1 – Densidade populacional, diâmetro da testa e índice gonadal

Resumo

Algumas características dos ouriços são particularmente afetadas pela disponibilidade de alimento no ambiente. Dentre elas, duas podem ser destacadas, a densidade populacional e o tamanho individual médio. Além destes, o processo reprodutivo pode ser influenciado pela disponibilidade de alimento. Conhecer a biologia reprodutiva dos animais é de vital importância, dentre outras razões, para questões conservacionistas. 192 ouriços da espécie *Lytechinus variegatus* foram analisados com o intuito de identificar a existência de heterogeneidade espaço-temporal de três atributos (densidade populacional, diâmetro e grau de desenvolvimento gonadal). Os dados obtidos revelaram que quanto às densidades populacionais elas parecem ser menores nos setores 1 e 4, além do mais parece existir um padrão de aumento da densidade populacional dos animais de sudeste a noroeste da enseada de Parati-Mirim. As densidades populacionais foram maiores na segunda coleta, entretanto não foi reconhecido um padrão temporal e as densidades populacionais se mostraram homogêneas durante o estudo. Em relação ao diâmetro, em média os ouriços foram menores no setor 2, sendo significativamente menor que o diâmetro médio dos ouriços nos setores 1 e 3, entretanto o diâmetro foi homogêneo entre os setores. Com relação aos padrões temporais, observou-se um aumento gradual do diâmetro médio da segunda até a quinta coleta, porém nenhum padrão marcado foi identificado. Chama atenção a ausência de ouriços jovens em Parati-Mirim. Entre todos os setores o desenvolvimento gonadal foi maior no setor 3, parece haver aumento do grau de desenvolvimento gonadal da segunda até a sexta coleta, mas sem padrão definido, apontando para o fato de que sempre existem ouriços com gônadas em diferentes graus de desenvolvimento.

Abstract

Some aspects of sea urchins are particularly affected by food available in the environment. Among those, two can be highlighted, population density and average individual size. Besides these, the reproductive process can be influenced by food availability. To understand the animals' reproductive biology is of vital importance, among other reasons, for conservationist purposes. 192 sea urchins *Lytechinus variegatus* were studied in order to identify the existence of spatial-temporal heterogeneity of the attributes (population density, diameter, and the degree of gonadal development). The obtained data show that, as to population densities, they seem smaller on sectors 1 and 4, furthermore a pattern of population density increase seems to exist from the southeast to the northwest of Parati-Mirim inlet. Population densities were higher on the second sampling period, however, no temporal pattern was recognized and population densities were homogeneous throughout the study. In relation to the diameter, sea urchins were smaller in average on sector 2, being significantly smaller than urchins on sectors 1 and 3, nevertheless diameter was homogeneous through sectors. According to temporal patterns, an increase of diameter was observed from the second to the fifth sampling period, however no pattern was identified. It is noticeable the absence of young sea urchins in Parati-Mirim. Among all sectors gonadal

development was higher on sector 3, there seems to be an increase on the gonad development degree from the second to the sixth sampling period, but with no pattern, pointing to the fact that through time there are always urchins with gonads in different degrees of development.

1.1 Introdução

Algumas características dos ouriços são particularmente afetadas pela disponibilidade de alimento no ambiente. Dentre elas, duas podem ser destacadas, a densidade populacional e o tamanho individual médio. Isso já foi demonstrado em trabalhos de campo e de laboratório (Minor & Scheibling, 1997; Chiappone *et al.*, 2002).

Os ambientes costeiros são amplamente diversos e fatores bióticos e abióticos inerentes a estes ambientes influenciam as características das populações (Beddingfield & McClintock, 2000). Em relação a *Lytechinus variegatus*, sua densidade populacional parece ser limitada principalmente por fatores abióticos do que por fatores bióticos, tais como a predação (Pisut, 2004). Segundo Watts *et al.*, 2007, dentre os abióticos destacam-se a temperatura e a salinidade.

O crescimento, dado por mudanças na massa, diâmetro e forma da testa (Ebert, 2007), se dá com uma taxa relativamente alta, iniciando-se logo após a metamorfose podendo o indivíduo atingir 0,84cm em 36 semanas, e 2,3cm em 84 semanas no laboratório (Watts *et al.*, 2007). Para *Lytechinus variegatus* e *Tripneustes esculentus* a taxa de crescimento diminui drasticamente com o aumento do tamanho, especialmente nos indivíduos grandes (Moore *et al.*, 1963a, 1963b).

O crescimento dos ouriços depende do gasto de energia (Lawrence, 2000), sendo que ouriços maiores gastam mais energia e, conseqüentemente, consomem mais alimento. Outros fatores podem influenciar no tamanho dos

ouriços, principalmente levando em consideração a questão energética. A resistência ao batimento de ondas é um dos principais fatores que faz com que os ouriços gastem energia em detrimento do crescimento somático e desenvolvimento das gônadas.

Compreender a biologia reprodutiva dos ouriços é de suma importância, não só para a compreensão da ecologia das espécies, mas do ponto de vista econômico, já que o cultivo desses animais vem crescendo em todo o mundo (Cunningham, 2008). A reprodução é um processo que acarreta grande gasto energético, de acordo com McCarthy & Young (2002), este fato é bastante evidente em invertebrados marinhos, cuja fecundação é externa. Nestes casos, o esforço reprodutivo deve ser enorme com a finalidade de garantir o sucesso reprodutivo. Sua capacidade de agregação em manchas de alta densidade populacional é um fator capaz de aumentar o sucesso reprodutivo entre ouriços. Segundo McCarthy & Young (2002), a proximidade dos indivíduos no momento da liberação dos gametas na coluna d' água é um fator preponderante para que o mínimo de gametas seja “desperdiçado”.

A energia disponível para o desenvolvimento das gônadas depende da quantidade e da qualidade do alimento ingerido (Vadas, 1977; Larson *et al.*, 1980). Em ambientes com grandes quantidades de alimento, os ouriços podem atingir a maturação gonadal com uma idade e tamanho menor (Meidel & Scheibling, 1999). A variação temporal da disponibilidade de alimento pode influenciar a maneira pela qual a energia é direcionada para o desenvolvimento gonadal (Minor & Scheibling, 1997). Tanto a taxa de desenvolvimento quanto a produção gonadal propriamente dita têm um profundo efeito no valor reprodutivo do indivíduo (sua aptidão darwiniana) e, conseqüentemente, da população na qual ele está inserido (Meidel & Scheibling, 1999).

A partir do exposto depreende-se a importância da integração do tamanho dos indivíduos com a densidade populacional e o estado de desenvolvimento das gônadas em estudos envolvendo hábitos alimentares.

1.2 Objetivos

Este capítulo teve como objetivos identificar diferenças espaço temporais entre a densidade populacional, o tamanho dos indivíduos e o grau de desenvolvimento gonadal, e verificar se existe correlação entre o tamanho dos animais (estimado pelo peso) e o desenvolvimento das gônadas.

1.3 Metodologia

A densidade populacional por réplica, ou seja, nos pontos em que os ouriços foram coletados, foi determinada pela contagem do número de indivíduos remanescentes num quadrado de 2m de lado tomando-se posição do ouriço já coletado como centro.

O tamanho dos ouriços foi expresso em termos do diâmetro de sua testa (não foram considerados os espinhos). Após serem coletados, os ouriços foram medidos com um paquímetro plástico, com precisão milimétrica (Fig. 3).

Figura 3 – Medição do diâmetro de *Lytechinus variegatus* utilizando um paquímetro plástico com precisão milimétrica.

O estado de desenvolvimento das gônadas foi expresso por meio de um índice amplamente utilizado na literatura, o índice gonadal (IG) (Gonor, 1972; Vadas *et al.*, 2000; Querol *et al.*, 2002; Araújo *et al.*, 2003; Silkavuopio, 2009). O IG para cada ouriço foi calculado como:

$$IG = \frac{\text{peso úmido da gônada}}{\text{peso úmido do ouriço}} \times 100$$

Foi considerado como peso úmido do ouriço o seu peso total sem o líquido presente dentro de sua cavidade. Cada um dos ouriços foi aberto através

de um corte na região oral, ao redor da lanterna de Aristóteles, e o líquido em seu interior drenado por um minuto. As gônadas foram extraídas usando-se o procedimento de Vadas *et al.* (2000) e Azad (2011). Neste procedimento, após pesados, os ouriços foram quebrados com auxílio de uma pinça, o trato digestório retirado e separado, o que permitiu o acesso às gônadas (Fig. 4). Eliminado o excesso de água as gônadas de cada indivíduo foram colocadas em uma placa de Petri tarada previamente, e o conjunto foi pesado em balança com precisão de miligramas. A mesma balança foi utilizada na pesagem do ouriço.

Figura 4 – *Lytechinus variegatus* sem os órgãos do sistema digestório, permitindo o acesso às gônadas.

Para verificar a existência de alguma tendência linear de desenvolvimento gonadal ao longo do tempo nos diversos setores aplicou-se a análise de

regressão linear paramétrica modelo I através do programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Com o intuito de identificar relações entre o índice de gônadas e o tamanho dos indivíduos, foi usada a correlação não paramétrica de Spearman. Para o cálculo das correlações, evitando a autocorrelação, o tamanho dos indivíduos foi expresso pelo peso úmido total do ouriço menos o peso úmido das gônadas. Tanto para densidade quanto para o diâmetro e índice de gônadas dos indivíduos, as diferenças temporais (entre as coletas 1 a 6) e espaciais (entre os setores 1 a 4) foram avaliadas por meio de análise de variância univariada por permutações de Monte Carlo, utilizando o programa PERMANOVA (Anderson, 2005).

1.4 Resultados

1.4.1 Densidade

A análise fatorial mostrou não haver interação significativa entre os fatores “setor” e “coleta” ($p = 0,18$). Os setores 2 e 3 apresentam maiores densidades populacionais médias que os demais no conjunto das coletas (6,60 e 9,12 ouriços/4m²), não significativamente diferentes entre si ($p = 0,48$). O setor 4 mostrou a menor densidade média (1,44 ouriços/4m²), significativamente diferente de todas as demais (setor 4 vs setor 1, $p = 0,02$; setor 4 vs setor 2, $p = 0,002$; setor 4 vs setor 3, $p < 0,0004$). O setor 1 apresentou densidade média intermediária entre os setores 2 e 4 (3,39 ouriços/4m²), não significativamente diferente do setor 2 ($p = 0,18$) mas significativamente diferente do setor 3 ($p = 0,04$) (Fig. 5).

Figura 5 - Variação da densidade média de *Lytechinus variegatus* nos quatro setores (Descalvado - vermelho, Algodão 1 - amarelo, Algodão 2 - verde e Saco da Velha - azul) no conjunto das coletas (11/2010 e 01, 03, 05, 07 e 09/2011, representadas respectivamente pelos números de 1 a 6 dentro de cada setor), amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (♦) mostram as réplicas dentro de cada setor (N=8).

Comparando as coletas no conjunto dos setores não se reconheceu nenhuma diferença significativa ($p = 0,20$), embora a segunda coleta, com média de 9 ouriços/4m² tenha marginalmente se destacado das demais, que apresentaram densidades médias entre 3 e 5 ouriços/4m². Isso mostra a homogeneidade temporal da área como um todo ao longo do período de estudo.

Figura 6 - Variação da densidade média de *Lytechinus variegatus* nas seis coletas (11/2010 - vermelho e 01 - amarelo, 03 - rosa, 05 - laranja, 07 - verde e 09/2011 - azul) no conjunto dos quatro setores (Descalvado, Algodão 1, Algodão 2 e Saco da Velha, representados respectivamente de 1 a 4 dentro de cada coleta), amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (◆) mostram as réplicas dentro de cada setor (N=8).

1.4.2 – Diâmetro

Figura 7 – Classes de tamanho dos ouriços (N = 192) que compõem as populações em Parati-Mirim (Paraty, RJ).

A distribuição de diâmetro dos ouriços coletados em todo o estudo está apresentada na figura 7. O diâmetro mínimo foi de 6,3 e o máximo foi 11,1cm. Nota-se a total ausência de jovens.

A análise fatorial mostrou haver interação entre os fatores “setor” e “coleta” ($p = 0,0001$). Sendo assim as comparações entre níveis de um fator foram feitas para cada nível do outro.

Nas diferentes coletas a figura 8 mostra uma tendência a menor diâmetro no setor 2. Nas coletas de 2 a 5 esta tendência confirmou-se estatisticamente, especialmente nas comparações entre o setor 2 e os setores 1 e 3 ($0,002 < p <$

0,02). Nas coletas 2 e 5 o setor 2 foi também diferente do setor 4 do ponto de vista do diâmetro ($0,002 < p < 0,01$).

O diâmetro médio nas coletas 2 a 6 no setor 2 ficou entre 6,8 e 7,6cm, enquanto que nos demais ficou entre 7,5 e 8,3cm. Na coleta 1 o diâmetro médio do setor 2 (7,3cm) também foi menor que nos demais (7,4 a 10,1cm).

Nos quatro setores observa-se uma tendência de aumento do diâmetro médio da coleta 2 até a coleta 5 (0,7cm, 0,4cm, 0,3 cm e 0,4cm, respectivamente nos setores 1 a 4). Na última coleta observou-se redução do diâmetro médio nos setores, exceto no setor 2.

Estatisticamente, entretanto, as diferenças setor por setor entre essas coletas não chegaram ao nível de significância, embora os valores de p sejam relativamente baixos em três dos quatro casos ($p = 0,12$; 0,11; 0,26 e 0,12 nos setores 1 a 4 respectivamente).

Nos setores 1, 3 e 4 houve um declínio aparente do diâmetro médio dos ouriços entre as coletas 5 e 6 (respectivamente 0,5; 0,2 e 0,2cm), mas não confirmado estatisticamente ($0,24 < p < 0,51$). No setor 2, ao contrário, observou-se aumento do diâmetro (0,4cm), porém também não confirmado estatisticamente ($p = 0,68$).

Observando-se a figura 8 há mais um ponto a destacar: a acentuada diminuição do diâmetro médio dos ouriços entre as coletas 1 e 2 nos setores 1 e 3, e em menor grau no setor 2. Estatisticamente essa diminuição foi plenamente confirmada ($0,0001 < p < 0,04$).

Apesar das tendências apresentadas nos gráficos parecerem bastante consistentes, não há evidência estatística de algum padrão temporal marcado, exceto pela redução entre a primeira e a segunda coleta nos setores 1 a 3.

Figura 8 - Variação do diâmetro médio de *Lytechinus variegatus* nos quatro setores (Descalvado - vermelho, Algodão 1 - amarelo, Algodão 2 - verde e Saco da Velha - azul) no conjunto das seis coletas (11/2010 e 01, 03, 05, 07 e 09/2011, representadas respectivamente pelos números de 1 a 6 dentro de cada setor), amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (◆) mostram as réplicas dentro de cada coleta (N=8).

1.4.3 – Índice gonadal

Figura 9 – Correlação não paramétrica de Spearman entre índice gonadal (I.G.) e o peso do ouriço – peso da gônada, por setores, para todos os ouriços amostrados (N=192).

Figura 10 – Correlação não paramétrica de Spearman entre índice gonadal (I.G.) e o peso do ouriço – peso da gônada, por coletas, para todos os ouriços amostrados (N=192).

Primeiramente procurou-se investigar a monotonicidade da relação do índice de gônada com o peso do ouriço livre de gônadas, através do coeficiente de correlação de Spearman.

Resultado significativo foi obtido apenas no setor 4, embora com correlação relativamente baixa ($R_s = 0,35$) (Fig. 9). Em todos os outros setores no conjunto das coletas ($0,17 < p < 0,48$), e nas seis coletas no conjunto dos setores, os resultados foram não significativos ($0,19 < p < 0,80$) (Fig. 10).

A maturidade sexual indicada pelo índice de gônada não está atrelada aos pesos corporais, ou seja aos tamanhos dos indivíduos. Há indivíduos pequenos e grandes com gônadas em vários estados de desenvolvimento. Como o índice de gônada padroniza o peso da gônada pelo peso do indivíduo, então os resultados não podem ser interpretados em termos da quantidade de gametas produzida por

animais grandes e pequenos (espera-se que animais grandes produzam mais gametas que animais pequenos).

A análise fatorial revelou haver interação significativa entre os fatores “setor” e “coleta” ($p = 0,02$). Assim sendo, as variações entre níveis de um fator foram analisadas em cada nível do outro.

Nas coletas 1, 2 e 5 não houve nenhuma diferença significativa entre os setores ($0,18 < p < 0,98$). Na coleta 3 apenas os setores 1 e 2 mostraram-se estatisticamente diferentes ($p = 0,05$). Na coleta 4 o setor 3 apresentou I.G. (10,35) significativamente maior do que os 1, 2 e 4 ($p = 0,0002$; 0,0014 e 0,0004, respectivamente). Finalmente, na coleta 6 o setor 3 apresentou I.G. (14,15) significativamente diferente dos setores 2 e 4 ($p = 0,01$ e 0,03, respectivamente) e marginalmente diferente do setor 1 ($p = 0,07$).

Exceto pelas diferenças envolvendo o setor 3 nas coletas 4 e 6 não se confirmou nenhum padrão bem marcado na relação entre setores ao longo do tempo. Considerando a área estudada como um todo, dependendo da coleta, este ou aquele setor pode apresentar I.G. médio mais elevado que os demais.

Fig 11 – Variação do índice de gônadas (I.G.) nas seis coletas (11/2010 - vermelho e 01 – amarelo, 03 - rosa, 05 - laranja, 07 - verde e 09/2011 - azul), no conjunto das quatro setores (Descalvado, Algodão 1, Algodão 2 e Saco da Velha, representados respectivamente pelos números de 1 a 4 dentro de cada coleta) amostrados na enseada de Parati-Mirim (Paraty, RJ). (◆) mostram as réplicas dentro de cada coleta (N=8).

A figura 11 mostra um aparente tendência linear de aumento dos valores de I.G. entre as coletas 2 e 6 em todos os setores. As análises de regressão confirmaram essa tendência apenas no setor 1 ($p = 0,04$; coeficiente de regressão = 0,71). Nos demais, as regressões foram muito baixas ($-0,06 < \text{coeficiente de regressão} < 0,16$), muito longe do limite de significância ($0,64 < p < 0,92$) (Fig. 12 A-D).

Ao longo do período estudado não há um padrão na variação dos valores do I.G.

Figura 12 – Análises de regressão entre o índice gonadal (I.G.) e os tempos de coleta no setor 1 (A), setor 2 (B), setor 3 (C) e setor 4 (D) / $p = 0,04$; $0,80$; $0,92$ e $0,64$, respectivamente.

1.5 Discussão

1.5.1 – Densidade

Na entrada da enseada de Parati – Mirim, a densidade de ouriços foi consideravelmente menor no setor quatro (Saco da Velha), do que nos outros três setores. O setor quatro, além de ser o mais distinto em termos estruturais, sendo aquele que apresenta maior declividade, é também o que apresenta cobertura vegetal menos exuberante, sendo composta, principalmente, por algas

filamentosas e alguns agregados de algas maiores, como as do gênero *Padina* e *Sargassum*.

Estas características deste setor podem ser fatores que expliquem o fato de ele apresentar a menor densidade de ouriços. Este setor é que mais sofre estresse físico, devido especialmente ao batimento de ondas mais intenso. Tais eventos são preponderantes na estruturação das populações de ouriços (Dustan & Halas, 1987; Chiappone *et al.*, 2002). Junto ao estresse físico por batimento de ondas, podem ser citados eventos ambientais característicos de uma região, que são ainda mais importantes na configuração de uma população quando esta se encontra nos limites de sua distribuição geográfica (Russo, 1977; Beddingfield & McClintock, 2000), que é o caso para *Lytechinus variegatus* na região de Parati – Mirim. O batimento de ondas pode explicar em parte o que acarreta na diminuição da densidade neste setor também por que, diferente de outro ouriço bastante comum na região, o *Echinometra lucunter*, o *Lytechinus variegatus* não possui um comportamento de habitar fendas do costão rochoso, o que provavelmente lhe proporcionaria maior segurança quanto a este fator.

A presença ou ausência de cobertura vegetal em um costão rochoso também pode explicar a variação da densidade de ouriços do mar. De acordo com Vadas *et al.* (1982), altas densidades de ouriços parecem estar relacionadas com altas densidades de algas. Beddingfield & McClintock (2000) e Gaspar (2000) encontraram em seus trabalhos, resultados que apoiam essa informação. Os dois autores encontraram altas densidades de ouriços em regiões com presença massiva de *Thalassia testudinum*, um vegetal muito comum no hemisfério norte. O contrário também procede, Beddingfield & McClintock (2000) mostraram em seu estudo que regiões com menos cobertura vegetal também possuíam menores densidades de *L. variegatus*. A explicação para esta relação de alta densidade com alta cobertura vegetal é devida principalmente a alimentação, e também visto que estes animais passam a maior parte de seu

ciclo de vida associado a essas grandes coberturas vegetais (Sharp & Gray, 1962). Russo (1979), também mostrou que os ouriços da espécie *Strongylocentrotus franciscanus* tendem a formar agregados onde as algas são mais abundantes. Mas outros fatores também devem ser levados em consideração, as algas fornecem proteção para os ouriços, tanto contra a predação como para contra a incidência de luz solar (Sharp & Gray, 1962; Garnick, 1978; Dumont *et al.*, 2007).

Em relação aos tempos de coleta, foram observadas diferenças, embora não significativas, entre as densidades nos meses de realização do trabalho. Os meses de épocas mais frias foram os que apresentaram menores densidades. As temperaturas muito baixas são fatais para *Lytechinus variegatus* (Moore *et al.*, 1963a). Beddingfield & McClintock (1994) apontaram grande mortalidade de *L. variegatus* nos meses de inverno no hemisfério norte. Existem registros de altas mortalidades de ouriços a uma temperatura da água de 15°C (Moore *et al.*, 1963a; Watts *et al.*, 2007). Em contrapartida, altas temperaturas também são responsáveis por grandes mortalidades de ouriços e a consequente diminuição da densidade. Em geral, os ouriços suportam altas temperaturas até cerca de 33°C a 35°C (Lawrence, 1975). O desenvolvimento dos ouriços ocorre de maneira ideal entre 17°C e 33°C (Eisen & Inoue, 1979). Dentre todas as atividades do metabolismo do ouriço, a temperatura afeta também a alimentação destes animais (Watts *et al.*, 2011).

Entretanto, o fator da temperatura não parece ser de grande importância na determinação das densidades de ouriços em Parati – Mirim já que, em nenhuma das coletas as temperaturas atingiram estes extremos mínimos ou máximos. É mais provável que outros fatores relacionados com a sazonalidade sejam mais influentes do que somente a temperatura da água.

Alguns autores explicam o alto adensamento de ouriços como uma resposta à percepção do alimento por meio de sinais químicos, como o caso do

ouriço *Strongylocentrotus drobachensis* (Garnick, 1978) ou pela limitação do alimento somente, como no caso de *Paracentrotus lividus* (Fernandez *et al.*, 2001). Talvez as agregações de *Lytechinus variegatus* possam ser explicadas do ponto de vista do alimento, no entanto, de maneira diferente. Klinger & Lawrence (1985), sugerem que o *L. variegatus* não consegue perceber sinais químicos enviados por itens alimentares, eles então encontrariam os alimentos ao acaso, formando os grandes adensamentos, também ao acaso. Grandes concentrações de ouriços também podem ser formadas como uma estratégia para evitar um potencial predador (Pearse & Arch, 1969). No entanto, nenhum destes fatores foi avaliado neste trabalho.

As densidades populacionais de *Lytechinus variegatus* variam de 0 a 40 indivíduos por metro quadrado (Moore *et al.*, 1963a; Vadas *et al.*, 1982; Greenway, 1995; Junqueira *et al.*, 1997; Beddingfield & McClintock, 2000) e em geral, ela é menor do que 15 indivíduos/m² e sofrem influência anual e sazonal. Os valores de densidade registrados em Parati – Mirim variaram de 0 a 35 indivíduos por 4 m². Estes valores ficam bem abaixo dos valores de densidades registrados na Flórida. No estado norte-americano, Moore *et al.* (1963a) mostram em seu trabalho, densidades populacionais variando de 43 a 250 indivíduos/m². Camp *et al.* (1973) observaram populações formadas de 3 a 636 indivíduos/m². No trabalho de Beddingfield & McClintock (2000) as populações variaram de <1 a 140 indivíduos/m². Já no trabalho de Peterson *et al.* (2002) as populações exibiram um número superior a 300 indivíduos/m².

Os valores de densidade populacional de ouriços são mais parecidos quando comparados com trabalhos realizados a menores latitudes. Em Porto Rico, de acordo com Rivera & Vicente (1975) as populações de ouriços possuíam em média 13,4 indivíduos/m². Na Nicarágua, as densidades populacionais variaram de 0,16 a 2,16 indivíduos/m² (Vadas *et al.*, 1982).

Por fim, comparando a densidade das populações de Parati – Mirim, com outros trabalhos também realizados no estado do Rio de Janeiro, é possível constatar que ela é maior em Parati – Mirim. Junqueira *et al.* (1997) verificou que a densidade populacional de *L. variegatus* flutuou entre 0,03 a 0,57 indivíduos/m². Enquanto isso, Junqueira (1998) demonstrou que as populações tiveram densidades variando de 0 a 2,5 indivíduos/m².

Tal fato pode indicar que, mesmo sendo menores em comparação com o hemisfério norte, as densidades das populações de *L. variegatus* em Parati – Mirim podem estar entre as maiores registradas, pelo menos para o litoral do estado do Rio de Janeiro.

1.5.2 – Diâmetro

Lytechinus variegatus tem uma taxa de crescimento bastante rápida (Watts *et al.*, 2007). Indivíduos de *L. variegatus* podem crescer até 0,5 cm por mês (Moore *et al.*, 1963a; Cameron, 1986) Esta espécie é que apresenta o maior tamanho na Flórida, alcançando 9,5 cm (Moore *et al.*, 1963a) e 8,7 cm no Brasil (Lage *et al.*, 2011). Em Parati – Mirim, o diâmetro dos ouriços variou de 6,3 a 11,1 cm, poucos foram os ouriços com este grande diâmetro, mas isso mostra que a região possui ouriços maiores do que aqueles já registrados.

Outros estudos mostraram diâmetro máximo de *Lytechinus variegatus* bem menores dos que os registrados neste trabalho. Vadas *et al.* (1982), registrou um diâmetro máximo de 5,1 cm para ouriços na América Central. Beddingfield & McClintock (2000) mostraram que o maior diâmetro de ouriços em seu trabalho na Flórida foi de 6,0 cm, segundo eles, raramente o diâmetro ultrapassou o valor de 4,5 cm. No entanto, em outro trabalho na costa oeste da Flórida, Cobb & Lawrence (2005) coletaram indivíduos com mais de 7,5 cm. Na Venezuela, os ouriços coletados por Gaspar (2000) não ultrapassaram o diâmetro de 7,4 cm. Para trabalhos realizados no Brasil, Junqueira *et al.*, (1997)

coletaram, em Cabo Frio – RJ, exemplares de *Lytechinus variegatus* com o diâmetro máximo de 7,5 cm. Ouriços maiores foram amostrados recentemente por Lage *et al.* (2011) em Vitória – ES, nesta região, como já descrito anteriormente, os ouriços alcançaram o diâmetro de 8,7 cm.

L. variegatus é uma das espécies que apresenta o maior tamanho dentre os ouriços. Algumas outras espécies como *Diadema antillarum* e *Eucidaris tribuloides* dificilmente superam diâmetros de 5,0 cm (Chiappone *et al.*, 2002). Outros ouriços, característicos do hemisfério norte, como *Strongylocentrotus purpuratus*, chega a ter um diâmetro máximo de 8 a 9 cm (Ebert, 1968; Tegner & Dayton, 1981), *Strongylocentrotus droebachiensis* pode medir mais de 7 cm (Pearce *et al.*, 2004; Dumont *et al.*, 2006), enquanto *Strongylocentrotus franciscanus* pode atingir o diâmetro de 16 cm (Tegner & Dayton, 1981). Rodríguez (2003) encontrou ouriços da espécie *Tetrapygus niger* medindo entre 6 e 7 cm. Na Itália, *Paracentrotus lividus* atinge o tamanho máximo de 6 cm (Domenici *et al.*, 2003)

No entanto, os maiores ouriços em Parati – Mirim, foram coletados na primeira coleta, após este período o tamanho dos ouriços variou pouco, o diâmetro se mantendo de maneira estável ao longo do período de um ano e não recuperando os valores iniciais da primeira coleta. De acordo com Junqueira *et al.* (1997) as populações podem demorar até 10 meses para voltar a atingir o tamanho inicial registrado em seu trabalho de 7,5 cm de diâmetro. Até por essa razão, dificilmente se esperaria que, durante o tempo da realização das coletas neste estudo, os ouriços voltassem a atingir tamanhos maiores que 10 cm de diâmetro.

Esta pouca variação do diâmetro dos ouriços ao longo de todo o ano pode indicar que as populações nestes setores são compostas de indivíduos que chegam a estes locais por meio de movimentos migratórios de regiões próximas.

A movimentação é um fator importante já que ele é fundamental para elucidar mudanças temporais e espaciais nas populações (Dumont *et al.*, 2007b).

Esta questão já foi abordada por Fernandez *et al.* (2001), neste trabalho os autores mostraram que as populações de *Paracentrotus lividus* na costa da França são compostas de indivíduos que migram de regiões com menor disponibilidade de alimento para regiões onde a oferta dos recursos alimentares é maior. Movimentos migratórios de *P. lividus* também foram observados por Crook *et al.* (2000) na Irlanda.

Os ouriços são animais que se movem durante todo o dia, os motivos pelo os quais ele se movimenta são diversos. A distância percorrida por ouriços, apesar de não aparentar ser tão expressiva, pode permitir que o animal percorra distâncias consideráveis em um longo período de tempo. De acordo com Mattison *et al.* (1976) ouriços da espécie *Strongylocentrotus franciscanus* percorreram distâncias que variaram de 7,5 cm/dia até 50 cm/dia. *Toxopneustes roseus* apresentaram mobilidade muito maior e que variou de 6,6 a 11,7 cm/hora (James, 2000). Tuya *et al.* (2004) demonstraram que *Diadema antillarum* percorreram, durante o período noturno, distâncias que variaram de 1,0 a 5,1 metros. Por fim, tratando do ouriço *Paracentrotus lividus*, Hereu (2004) mostrou que as distancias percorridas por estes ouriços variaram de 71,8 a 673,6 cm.

1.5.3 – Índice gonadal

Comparando os diferentes setores, mesmo não havendo diferenças estatisticamente significantes, os ouriços do setor três foram os que apresentaram os maiores valores de índice gonadal. Neste setor os ouriços também demonstraram um grande adensamento de indivíduos, alguns autores defendem que essa característica podem aumentar as chances de reprodução em organismos bentônicos marinhos (McCarthy & Young, 2002). No trabalho de

Unger & Lott (1994), os autores mostraram que indivíduos da espécie *Sphaerechinus granularis* que estiveram agregados mostraram gônadas mais desenvolvidas do que indivíduos solitários, indicando que a agregação pode ser formada por motivos reprodutivos. Apesar disso, McCarthy & Young (2002) não observaram movimento de agregação com este propósito para *Lytechinus variegatus*. Além do mais, Lessios (1984) afirma que apesar de haver indícios da ligação entre alta densidade e sucesso reprodutivo, é prudente rejeitar esta hipótese para *L. variegatus* até que mais informações estejam disponíveis.

Diversos outros fatores podem influenciar o desenvolvimento gonadal, dentre eles podem ser destacados principalmente a temperatura e a dieta (Vadas *et al.*, 2000; Mariante *et al.*, 2009; Poorbagher *et al.*, 2010). Não só o desenvolvimento, mas também a qualidade das gônadas pode ser afetada por estes fatores (Azad *et al.*, 2011). James *et al.* (2007) afirmam que a temperatura influencia o desenvolvimento gonadal mais do que qualquer outro fator ambiental. A baixas temperaturas, os ouriços demonstram baixas taxas de ingestão e de eficiência na absorção de alimentos, o que acarreta em baixo desenvolvimento gonadal (Klinger *et al.*, 1986). Quando as temperaturas são altas os efeitos são contrários, entretanto, o aumento da temperatura promove o crescimento das gônadas somente até um certo ponto (Azad *et al.*, 2011). Watts *et al.* (2011) mostrou que as gônadas de *L. variegatus* são mais desenvolvidas a temperaturas intermediárias dentro de sua faixa de tolerância. O autor ainda aponta para o fato de que, quando se encontra próximo ao limite superior desta faixa de tolerância de temperatura, o desenvolvimento gonadal é prejudicado pois a taxa de ingestão de alimento é menor.

O tamanho dos ouriços também é um fator a ser levado em consideração no que diz respeito ao desenvolvimento gonadal. Neste trabalho, o maior desenvolvimento gonadal esteve relacionado com diâmetros intermediários dos indivíduos. Este resultado vai de acordo com o que é apresentado no trabalho de

Espinoza *et al.* (2008), onde os autores também trabalharam com *Lytechinus variegatus*. Mariante *et al.* (2009) também demonstraram que para *Echinometra lucunter*, animais pertencentes às classes de tamanho intermediárias tiveram um índice gonadal maior. Os autores também observaram que o índice gonadal diminui para os indivíduos encontrados nas maiores classes de tamanho, o que pode indicar sinais de senescência.

Com relação à dieta, qualidade e quantidade do alimento ingerido parecem estar diretamente ligadas ao desenvolvimento das gônadas (Beddingfield & McClintock, 1998; George *et al.*, 2001; Pearce *et al.*, 2004; Gibbs *et al.*, 2009). A predação por parte dos ouriços geralmente é muito intensa, causando grande diminuição da disponibilidade de alimento, fazendo com que os itens alimentares se tornem limitantes. Nessas regiões as gônadas dos ouriços costumam ser subdesenvolvidas (Vadas *et al.*, 2000). Nas últimas 3 a 4 décadas as populações de ouriços vêm sendo altamente exploradas com o propósito de consumo, já que as gônadas destes animais são consideradas iguarias em muitas partes do planeta (Siikavuopio *et al.*, 2005; Siikavuopio, 2009; Bertocci *et al.*, 2012; Grisolia *et al.*, 2012). Por este motivo, muitos estudos visando o máximo desenvolvimento gonadal vêm sendo realizados. Estes estudos procuram atingir este objetivo dando atenção para a qualidade do alimento, que hoje em dia, são desenvolvidas com diversas formulações e alimentos artificiais (Vadas *et al.*, 1977; Larson *et al.*, 1980; Minor & Scheibling, 1997). Em laboratório, onde alimentos com maior qualidade são oferecidos aos ouriços, o índice gonadal é maior do que na natureza (Watts *et al.*, 2007).

Tratando das diferenças sazonais, neste trabalho o índice gonadal foi maior em época mais quentes do ano, do final da primavera para o início do verão (sexta coleta). Geralmente, este resultado vai de encontro com trabalhos realizados em diversas localidades para *Lytechinus variegatus*. No trabalho de

Cameron (1986), os maiores valores de índice gonadal foram registrados no final do verão e no outono, onde as temperaturas foram maiores. No trabalho de Junqueira *et al.* (1997), este realizado no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, *L. variegatus* tiveram um índice gonadal maior no final do verão e começo do outono, mesmo assim em época quente do ano. Na Venezuela, a atividade reprodutiva, ou seja, o desenvolvimento gonadal e liberação de gametas foi muito mais intensa no verão e no outono no trabalho de Espinoza *et al.* (2008), já no trabalho de Quijano & Gaspar (2005), a atividade reprodutiva foi mais intensa na primavera e no verão, também épocas quentes do ano. Os autores constataram que as gônadas de *Lytechinus variegatus* começaram a se desenvolver a partir de uma temperatura de 30°C. Outras espécies de ouriços demonstram tendências semelhantes, tanto *Echinometra lucunter* (Mariante *et al.*, 2009) quanto *Strongylocentrotus droebachiensis* (Siikavuopio *et al.*, 2005) tiveram suas gônadas mais desenvolvidas no verão.

Apesar deste maior desenvolvimento gonadal nas épocas mais quentes, neste trabalho foi possível identificar ouriços com gônadas desenvolvidas ao longo de todo o ano, não indicando, portanto, uma sazonalidade marcada. O mesmo foi observado por Cameron (1986), Moore & Lopez (1972) e Lessios (1984). Junqueira *et al.* (1997) também encontraram exemplares de *Lytechinus variegatus* maduros em todos os meses do ano. Isso parece ser comum na região tanto que Cunningham (2008) afirma que na parte sul da distribuição de *Lytechinus variegatus* o ciclo reprodutivo mostra pouca ou nenhuma sazonalidade, diferente do que foi observado para *Echinometra lucunter* (Cameron, 1986; Mariante *et al.*, 2009). Agatsuma *et al.* (2000) observaram que o desenvolvimento das gônadas em *Strongylocentrotus nudus* no Japão é cíclico, crescendo no outono e na primavera.

1.6 Conclusão

- Em termos espaciais, os setores localizados nas extremidades da entrada da enseada de Parati-Mirim (Descalvado e Saco da Velha) parecem apresentar populações com densidades menores. Do ponto de vista da densidade populacional, ao observar os setores de sudeste a noroeste, é possível identificar um padrão de aumento na densidade populacional média do setor 1 ao setor 3, com queda no setor 4.
- Em relação às coletas, as densidades populacionais médias se mantêm uniformes. Embora algumas coletas tenham apresentado setores com maiores densidades médias, principalmente setores 2 e 3, nenhum padrão marcado é observado.
- Quanto à variação espacial, nos diferentes setores podem ser encontrados ouriços de tamanhos variados, no entanto, com diâmetro próximo ao médio (7,9cm). É possível verificar um menor diâmetro médio dos ouriços no setor 2 em todas as coletas.
- Em relação aos tempos de coleta, pode-se perceber que nos setores 1, 2 e 3, da primeira para segunda coleta, há uma queda do diâmetro médio dos ouriços, sendo mais significativa nos setores 1 e 3. Esta queda, seguida do aumento gradual do diâmetro médio até a quinta coleta mostra que estes ouriços se estabelecem em Parati-Mirim e vão crescendo durante este período. Este padrão se mostra homogêneo entre as coletas.
- O tamanho dos ouriços (aqui expresso em peso) não está relacionado com o desenvolvimento de gônadas, em outras palavras, ouriços grandes e pequenos podem exibir gônadas em desenvolvimento.
- Em termos dos setores, o setor 3 foi o mais diferente em relação ao grau de desenvolvimento gonadal, especialmente na terceira e sexta coletas. O valor do I.G. neste setor esteve sempre entre os mais altos, em todas as coletas, mostrando que neste setor os ouriços possam ter um maior desenvolvimento gonadal.
- Em relação à variação temporal, parece haver uma tendência do aumento do I.G. da segunda até a sexta coleta (o que pode estar ligado ao

crescimento dos ouriços, que também foi maior da segunda até a quinta coleta). Entretanto, não existe um padrão bem definido quanto ao grau de desenvolvimento gonadal entre os tempos, Em suma, em todos os setores e coletas existem ouriços com gônadas em diferentes graus de desenvolvimento.

Capítulo 2 – Descrição do fitobentos no entorno dos indivíduos

Resumo

As comunidades fitobentônicas são extremamente importantes na manutenção da vida marinha. Sem elas ecossistemas marinhos são altamente prejudicados e têm sua estrutura completamente modificada. Visto a sua importância, é necessário que mais estudos com foco nestas comunidades sejam realizados. Neste trabalho foram analisados 192 áreas (20x20cm) com o intuito de identificar a composição do fitobentos na enseada de Parati-Mirim e avaliar se esta composição exibe heterogeneidade espaço-temporal. Jania, Sargassum e Dictyota foram os gêneros com maior abundância relativa em todos os setores e coletas. Quanto à composição do fitobentos, existe uma heterogeneidade espaço-temporal determinada por Sargassum, Jania e Padina, entre estas três formações existe um gradiente de mudança na fisionomia dos setores onde outras algas podem ser encontradas, entretanto estes três gêneros são os grandes responsáveis pelas diferenças das formações.

Abstract

Phytobenthonic communities are extremely important for maintaining life on the marine environment. Without them marine ecosystems are highly impaired and have their structure changed completely. Considering their importance, more studies focusing on these studies are necessary. On this study 192 (20x20cm) areas were analyzed aiming to identify the phytobenthos composition in Parati-Mirim inlet and to evaluate either that composition exhibits spatial-temporal heterogeneity. Jania, Sargassum and Dictyota were the genus with higher relative abundance in all sectors and sampling periods. As to the composition of phytobenthos community, a clear heterogeneity is observed and is determined by Sargassum, Jania and Padina, among these three formations there is a gradient of substrate fisionomy change where other algae can be found, however, these three genus are the major responsible for the changes.

2.1 Introdução

A herbivoria de macroalgas marinhas geralmente é intensa (Heck & Valentine, 1995). As comunidades de algas marinhas são controladas e limitadas por vários pastejadores marinhos, dentre eles estão incluídos os ouriços do mar (Valentine & Heck, 1991; Lawrence, 2001; Sumi & Scheibling,

2005). Existe evidência de que a presença de ouriços é capaz de transformar grandes áreas dominadas por algas em grandes “desertos submarinhos” (Valentine & Heck, 1991).

Os ouriços podem persistir nestas áreas e agravar estes efeitos, impedindo a recolonização de algas, causando mudanças a longo prazo nestas comunidades (Scheibling *et al.*, 1999). Este processo é extremamente prejudicial não somente pela perda da diversidade e riqueza das espécies de alga, mas também causa um efeito cascata em toda a comunidade (Harold & Reed, 1985). Fora isso, esta ação dos ouriços pode afetar as interações competitivas entre as espécies e afetar a sobrevivência e recrutamento de outras espécies (Anderson & Underwood, 1997; Scheibling *et al.*, 2009). Por fim, é importante manter a diversidade das espécies vegetais pois ela fornece complexidade ao hábitat, refúgio para pequenas presas e serve de berçário para algumas espécies que estão nos estágios iniciais de vida (Valentine & Heck, 1991).

Poucos estudos da comunidade de algas marinhas foram realizados no litoral sul do estado do Rio de Janeiro; dentre eles podem ser destacados os trabalhos de Joly (1965), Pedrini (1980), Figueiredo (1989), Gestinari *et al.*, (1998) e Brito *et al.* (2002). Isso demonstra a importância da realização de novos trabalhos nessa faixa do litoral e na região de Parati-Mirim com o intuito de aprimorar o conhecimento neste campo.

2.2 Objetivos

Este capítulo tem como objetivo identificar quais algas compõem o fitobentos no entorno dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* coletados. Além disso, procura-se determinar se há heterogeneidade espaço temporal na composição do fitobentos.

2.3 Metodologia

Para descrever a comunidade fitobentônica associada aos ouriços coletados, após a retirada dos mesmos posicionou-se uma moldura metálica quadrada delimitando uma área de 20cm de lado, com centro no ponto amostrado. À moldura adaptou-se uma rede com malha de 0,1cm destinada a reter o material (Fig.13). Toda a superfície delimitada foi raspada com uma espátula. Dentre algumas dificuldades encontradas neste procedimento, está o fato de que o material mais fino particulado ou filamentosos pode ter sido parcialmente perdido. Após a coleta o material era passado para um saco plástico devidamente identificado com a mesma numeração atribuída ao ouriço correspondente, a fim de garantir o pareamento entre as amostras do fitobentos e os animais. Uma vez terminadas as coletas, os materiais foram transferidos dos sacos para potes plásticos e preservados com formol 4% salino.

Figura 13 – Imagem do procedimento de raspagem com a moldura quadrada de 20 cm de lado e malha de 0,1cm delimitando a área de raspagem e coleta do fitobentos.

No laboratório, o conteúdo de cada pote foi transferido para uma peneira com malha de 0,1cm, lavado com água corrente e passado para uma placa de Petri, seguindo-se a triagem sob lupa estereoscópica. As algas identificadas até o nível de gênero. A identificação até nível de gênero foi realizada na Seção de Ficologia do Instituto de Botânica de São Paulo (IBot). O material triado e identificado foi levado à estufa à temperatura de 70°C por um período de aproximadamente 48 horas (Azad, 2011) para obtenção de peso seco constante. As algas foram então pesadas em uma balança com precisão de décimos de miligrama, calculando-se a proporção de cada uma em relação à massa total.

O grau de disseminação dos gêneros pelo espaço-tempo deste estudo foi expresso em termos de sua frequência de ocorrência (FO), dada pela razão entre

o número de réplicas em que cada um se fez presente e o numero total de replicas (192), em porcentagem.

A comparação das composições da comunidade fitobentônica no espaço e no tempo foi realizada através de métodos multivariados utilizando-se análises de ordenação (PCA) a partir das matrizes de similaridades/distâncias de Bray-Curtis, produzidas com base na matriz geral de variáveis *vs* réplicas. Análise Permutacional Multivariada de Variância Fatorial (PERMANOVA; programa PERMANOVA – Anderson, 2005). Foi usada para testar a interação dos fatores “setor” e “coleta”. As diferenças nas composições da comunidade do fitobentos entre os setores e as coletas foram testadas através de análises de similaridades (ANOSIM; programa PAST – Hammer *et al.*, 2001). Por fim, para descrever quais gêneros de algas foram os mais importantes nas diferenciações entre grupos foi usada a análise SIMPER (Hammer *et al.*, 2001).

2.4 – Resultados

2.4.1 – Composição do fitobentos

Figura 14 – Frequência de ocorrência (FO), calculada em termos de abundância relativa, dos 20 gêneros de algas presentes nas amostras de fitobentos em Parati-Mirim (Paraty, RJ). Em cima das barras os números de FO.

Neste estudo como um todo foram identificados 20 gêneros de algas (Fig.14). Observando o gráfico, de freqüências de ocorrências (FO) das diferentes algas no conjunto das 192 réplicas analisadas, notam-se 5 gêneros mais disseminados ($FO > 50\%$): Jania, Sargassum, Dictyota, Hypnea e Padina. Outros 5 gêneros apresentaram freqüência intermediária ($25\% < FO < 50\%$): Acanthophora, Champia, Bryopsis, Laurência e Chondria. Todos os demais gêneros ocorreram com menos do que 15% de freqüência, podendo ser considerados de ocorrência mais ocasional.

Figura 15 – Diagrama PCA das amostras do fitobentos (N=192). Em destaque as três formações mais distintas e responsáveis pela diferenciação da composição do fitobentos, Sargassum (A), Padina.(B) e Jania (C). As cores representam os diferentes setores: setor 1 (preto), setor 2 (vermelho), setor 3 (azul) e setor 4 (verde).

A heterogeneidade da estrutura do fitobentos no conjunto de setores e coletas ($n = 192$), revelada pelo índice de Bray-Curtis está representada no diagrama de ordenação da figura 15. Observam-se três formações mais distintas delimitadas pelos círculos A, B e C, dominadas respectivamente por Sargassum, Padina e Jania. A presença de um grande grupo de réplicas entre esses três núcleos ou formações indica que as variações de uma para outra são graduais e não discretas.

Tabela 1 - Resultados da PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Bray-Curtis para a composição do fitobentos na região de Parati-Mirim - RJ. Em negrito a interação estatisticamente significativa para $p < 0,05$.

Fonte de variação	MS	F	P(perm)	P(MC)
co	5663.949	2.3827	0.002	0.0012
se	3913.219	1.0327	0.437	0.4348
coxse	3789.192	1.594	0.0057	0.0078

A análise fatorial multivariada mostrou haver interação entre os fatores “setor” e “coleta” ($p = 0,0078$) (Tab. 1). Sendo assim as comparações entre níveis de um fator foram feitas para cada nível do outro (ANOSIM).

Considerando as seis coletas a maior heterogeneidade espacial do fitobentos verificou-se na coleta 5 com diferenças significativas entre os setores 1 e 2 ($0,0023$), 1 e 4 ($p = 0,0008$), 2 e 3 ($p = 0,0058$) e 3 e 4 ($p = 0,0138$).

Nas coletas 1 o setor 4 distinguiu-se dos setores 1, 2 e 3 ($p = 0,001$, $0,0247$ e $0,0028$ respectivamente). Na coleta 6, o setor 1 foi diferente de 2 ($p = 0,0214$) e o setor 3 distinguiu-se de 4 ($p = 0,0333$). Temos aí graus intermediários de heterogeneidade.

Finalmente, nas coletas 2 a 4 não houve nenhum setor diferenciado dos demais do ponto de vista da composição do fitobentos, ou seja, trata-se de um período de maior homogeneidade espacial.

Observando cada setor em separado a maior heterogeneidade temporal ocorreu no setor 4, especialmente devido a diferenças entre a coleta 1 e todas as demais ($0,0005 < p < 0,0063$). Ainda em relação a este setor a coleta 4 foi significativamente diferente das coletas 2 e 6 ($p = 0,0432$ e $0,0098$, respectivamente). Seguem-se o setor 1 onde a coleta 5 se distinguiu das coletas 2, 3 e 6 ($p = 0,0207$; $0,0069$ e $0,0364$, respectivamente), e a coleta 1 distinguiu-se da 6 ($p = 0,048$). No setor 3 a coleta 1 diferenciou-se de 5 e 6 ($p = 0,0059$ e $0,0249$, respectivamente) e a coleta 4 foi diferente da coleta 5 ($p = 0,0253$).

Finalmente, o setor 2 mostrou-se o mais homogêneo de todos, apresentando diferença significativa somente entre a coleta 3 e a coleta 5 ($p = 0,0479$).

O aumento da referida heterogeneidade temporal deve ser entendido como indicador de uma dinâmica estrutural mais complexa, com maiores variações na composição específica ou distribuição de abundância dos gêneros.

O resultado da ANOSIM mostrou que na primeira coleta o setor 4 foi estatisticamente diferente em relação aos outros três (setor 4 vs setor 1, $p < 0,01$; setor 4 vs setor 2, $p < 0,05$; setor 4 vs setor 3, $p < 0,01$). A diferença entre o setor 4 e o setor 1 é justificada por *Padina* (16,88%), *Sargassum* (14,91%) e *Jania* (11,81%), o que corresponde a 68,48 do total. Em relação à diferença entre o setor 4 e 2, 92,25% é devida pelas abundâncias de *Sargassum* (19,98%), *Padina* (18,88%), *Acantophora* (8,65%) e *Jania* (6,23%). Por fim, a diferença entre o setor 4 e o setor 3 é determinada pelas abundâncias de *Sargassum* (25,83%), *Padina* (18,67%) e *Acantophora* (9,28), totalizando 80,63% do total.

Os setores da segunda, terceira e quarta coletas não apresentaram qualquer diferença significativa em termos da composição da comunidade do fitobentos. Diferenças significativas só voltaram a ser identificadas na quinta coleta. Nesta coleta foram observadas diferenças entre os setores 1 e 2 (setor 1 vs setor 2, $p < 0,01$), sendo que 78,81% desta diferença é devida às abundância de *Jania* (26,27%), *Sargassum* (22,37%) e *Padina* (11,55%). Quanto à diferença dos setores 1 e 4 (setor 1 vs setor 4, $p < 0,01$), ela é determinada em 86,55% pelas abundâncias de *Jania* (25,74%), *Sargassum* (22,12%) e *Padina* (16,3%). Em relação às diferenças dos setores 2 e 3 (setor 2 vs setor 3, $p < 0,01$), 72,21% dela é explicada pelas abundâncias de *Sargassum* (23,68), *Jania* (16,93%) e *Padina* (14,55%). Finalmente, tratando dos setores 3 e 4 (setor 3 vs setor 4, $p < 0,05$), é possível verificar que a diferença das abundância de *Sargassum* (23,80%), *Padina* (18,26%) e *Jania* (16,86%), somam 79,65% do total.

A sexta coleta apresentou diferença estatisticamente significativa entre os setores 1 e 2 (setor 1 vs setor 2, $p < 0,05$), da qual 71,96% é determinada pelas abundâncias de Sargassum (17,92%), Jania (15,34%) e Padina (14,55%). A diferença significativa entre os setores 3 e 4 (setor 3 vs setor 4, $p < 0,05$) foi estabelecida por Jania (21,10%), Padina (16,65%) e Sargassum (14,30%), acumulando portanto 70,72% do total.

Quando comparados cada um dos setores no conjunto das coletas, as análises indicam que, do ponto de vista da composição do fitobentos, o setor 1 (Descalvado) foi estatisticamente diferente na comparação entre a coleta 1 e a 6 (coleta 1 vs coleta 6, $p < 0,05$), na qual 74,51% do total é determinada pelas abundâncias de Sargassum (17,21%), Padina (14,22%), Jania (12,87%) e Acanthophora (5,17%). Nas coletas 5 e 2, a diferença significativa (coleta 5 vs coleta 2, $p < 0,05$), determinada pelas abundâncias de Jania (23,46%), Sargassum (14,67%) e Padina (13,81%), foram responsáveis por 74,86% do total. Tratando da diferença entre as coletas 5 e 3 (coleta 5 vs coleta 3, $p < 0,01$), 81,38% do total é devido às abundâncias de Jania (24,94%), Sargassum (19,77%) e Padina (16,03%). Já entre as coletas 5 e 6, a diferença significativa (coleta 5 vs coleta 6, $p < 0,05$), foi estabelecida por Jania (19,23%), Padina (14,52%), Sargassum (10,44%) e Dictyota (9,66%), o que correspondeu a 91,47% do total.

Em relação à comparação dos segundo setores, só houve diferença significativa entre as coletas três e cinco (coleta 3 vs coleta 5, $p < 0,05$), da qual 71,44% é devida às abundâncias de Sargassum (19,17%), Padina (15,15%) e Dictyota (9,31%).

Quanto aos terceiro setores, foi observada diferença entre as coletas 1 e 5 (coleta 1 vs coleta 5, $p < 0,01$), sendo que 75,17% dessa diferença é determinada pelas abundâncias de Sargassum (27,70%), Jania (16,83%) e Padina (13,94%). Além destas, diferença significativa foi observada entre as coletas 1 e 6 (coleta

1 vs coleta 6, $p < 0,05$), onde as abundâncias de Sargassum (24,70%), Jania (21,50%), Padina (9,94%) e Dictyota (7,09%) foram responsáveis por 88,52% do total. Por fim, as coletas 4 e 5 também foram significativamente diferentes (coleta 4 vs coleta 5, $p < 0,05$), dentre 80,13% desta diferença é atribuída às abundâncias de Sargassum (26,80%), Jania (18,07%) e Padina (16,41%).

Uma importante característica em relação ao setor 4 pode ser observada na coleta 1. Esta coleta foi significativamente diferente da coleta 2 (coleta 1 vs coleta 2 $p < 0,01$), onde 83,00% do total é motivada pelas abundâncias de Padina (16,96%), Sargassum (16,19%), Dictyota (12,98%) e Acanthophora (9,31%). Da coleta 3 (coleta 1 vs coleta 3, $p < 0,01$), na qual as abundâncias de Padina (16,62%), Sargassum (16,37%), Jania (10,16%) e Acanthophora (9,83%), contribuíram para 80,00% do total. A coleta 1 também foi diferente da coleta 4 (coleta 1 vs coleta 4, $p < 0,001$), onde as abundâncias de Sargassum (23,39%), Padina (20,98%) e Jania (12,99%) contemplaram 76,97% do total. Na diferença significativa entre a coleta 1 e a coleta 5 (coleta 1 vs coleta 5, $p < 0,01$), 82,97% do total é conferida às abundâncias de Sargassum (21,90%), Padina (18,96%) e Acanthophora (9,84%). A diferença significativa entre as coletas 1 e 6 (coleta 1 vs coleta 6, $p < 0,01$), foi estabelecida por Padina (17,37%), Sargassum (13,32%), Dictyota (13,16%) e Acanthophora (9,84%), acumulando portanto 82,04% do total. Tratando da diferença significativa entre as coletas 4 e 2 (coleta 4 vs coleta 2, $p < 0,05$), as abundâncias de Sargassum (23,11%), Jania (13,53%), Dictyota (12,84%) e Padina (11,74%), são responsáveis por 87,58% do total. Finalmente, a diferença entre as coletas 4 e 6 (coleta 4 vs coleta 6, $p < 0,05$), teve 87,90% de seu total determinada por Sargassum (24,49%), Padina (17,02%), Jania (13,00%) e Dictyota (12,61%).

2.4.2 – Variáveis abióticas

No verão a temperatura da superfície da água variou de 26°C a 33°C, já a temperatura do fundo variou de 24°C a 32°C. Os maiores valores de temperatura, tanto para a superfície, quanto para o fundo, foram registradas na segunda coleta, no mês de Janeiro. No inverno a temperatura da água da superfície variou de 19°C a 25°C, enquanto a temperatura da água do fundo variou de 17°C a 23 °C. No inverno, as menores temperaturas foram registradas na quinta coleta, realizada no começo do mês de Agosto.

Com relação à salinidade, o verão mostrou salinidade da água da superfície variando de 26 a 37 g/L, as amostras da água de fundo mostraram valores de salinidade variando de 29 a 32 g/L. Nas coletas de inverno os valores de salinidade na superfície variaram de 32 a 35 g/L, e de 34 a 37 g/L nas amostras de fundo nos quatro setores na entrada da enseada de Parati – Mirim

2.5 Discussão

Nos locais amostrados na entrada da enseada de Parati-Mirim, foram encontrados 20 gêneros de algas compondo o fitobentos: 14 Rhodophyta (70%), 4 Ochrophyta (20%) e 2 Chlorophyta (10%).

A listagem de gêneros encontrados neste trabalho corresponde àqueles registrados por outros autores em trabalhos realizados em outras regiões do litoral brasileiro. No entanto, algumas diferenças puderam ser observadas, em um trabalho realizado em Paraty, e dentro dos limites da APA de Cairucu, Figueiredo (1989) não registrou em sua listagem de algas compondo a comunidade ficológica, os gêneros Aglaothamnion, Chondria, Falkenbergiae Gracilaria. Em outros estudos realizados em locais vizinhos à Parati – Mirim,

Gestinari *et al.* (1998) não encontraram os gêneros *Aglaothamnion*, *Acantophora*, *Centroceras* e *Falkenbergia*, entretanto encontrou *Polysiphonia*, um gênero pouco frequente em Parati – Mirim, em todos os seus pontos de coleta. Já Brito *et al.* (2002) não registraram *Falkenbergia* e *Dictyota* em suas amostragens na Ilha Grande.

Correspondências também foram encontradas em trabalhos que visaram descrever as algas compondo o substrato no litoral nordestino. Marins *et al.* (2008) encontrou em sua listagem, muitas algas em comum com o descrito neste trabalho, Marins *et al.* (2008) somente não observaram a ocorrência de *Falkenbergia* e *Chondria* no litoral baiano. Já Eston *et al.* (1986), mostraram que no arquipélago de Fernando de Noronha, assim como ocorre em Parati – Mirim, as algas *Sargassum* e *Dictyota* estão entre os principais gêneros no que diz respeito à composição do fitobentos. A ocorrência comum de muitas espécies de algas no litoral do nordeste e sudeste é provável devido à inexistência de barreiras geográficas (Figueiredo, 1989; Gestinari *et al.*, 1998).

Diversos fatores também podem explicar as diferenças na composição entre locais diferentes. Em comparação com o trabalho de Guimaraens & Coutinho (1996), mais da metade dos gêneros encontrados em Parati – Mirim não correspondeu com o encontrado pelos autores em Cabo Frio, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. Talvez esta diferença possa ser explicada devido a ocorrência de ressurgência na região de Cabo Frio, fazendo com que as condições no local sejam diferentes. Já no trabalho de Amado Filho *et al.* (2006), seis gêneros de algas não estiveram presentes nas duas listagens, neste caso, o que pode explicar as diferenças é que os autores estudaram as algas na Laje de Santos, um local afastado do continente e portanto, livre das ações que sofrem os costões rochosos mais próximos da costa. Ainda segundo os autores, a região da Laje de Santos é bastante afetada por tempestades oceânicas que aparentemente moldam a fisionomia e estrutura do bentos. Yokoya *et al.* (1999)

observaram que em uma região de manguezal na Ilha do Cardoso, litoral sul do estado de São Paulo, *Bostrychia* é o gênero dominante dentre as que compõem o fitobentos. Este gênero não foi observado em Parati – Mirim, apontando para o fato de que provavelmente, *Bostrychia* seja um gênero mais adaptado para ocorrer em áreas que apresentem as características típicas de manguezais. Muitos dos gêneros encontrados em Parati – Mirim também foram identificados por Arévalo *et al.* (2007) na costa da Espanha, ele observou que a descarga de esgoto influencia na composição do fitobentos, sendo que os maiores valores de riqueza de espécies foram observados para pontos de coleta mais afastados dos pontos de descarga de esgoto.

Os próprios ouriços podem determinar quais algas ocorrem em um determinado local. Paine & Vadas (1969) mostraram que as algas existem em maior quantidade onde os ouriços são excluídos, da mesma maneira, sua faixa de distribuição é maior na ausência de ouriços. A perturbação biológica é o fator principal com relação à diminuição da diversidade e riqueza das algas. A presença dos ouriços reduz a diversidade, pois previne o desenvolvimento de combinações de algas capazes de coexistir (Paine & Vadas, 1969). Além do poder predatório dos ouriços, a própria capacidade competitiva das algas estrutura essas comunidades (Lubchenco, 1978). Segundo Airolti (2000), algas formadoras de tufos colonizam novos espaços por crescimento vegetativo, enquanto algas incrustantes e eretas ocupam espaços pela colonização dos propágulos, com isso estas algas dependem muito mais de condições ambientais e espaços livres no costão rochoso.

Alguns padrões também podem ser observados na composição do fitobentos no hemisfério norte. Apesar do bentos nessas regiões ser dominado principalmente por fanerógamas marinhas como *Thalassia testudinum*, Espinoza *et al.* (2008) mostrou que *Sargassum* foi o maior responsável pela cobertura dos costões rochosos na Venezuela em algumas épocas do ano.

Sargassum também é encontrado em grandes quantidades na Nicarágua (Vadas *et al.*, 1982) e Dictyota e Sargassum dominam diversas localidades no Caribe (Norris & Fenical, 1982).

Um fato que chama a atenção é que apesar de ser pouco amostrada em Parati – Mirim, Falkenbergia não foi observada em outros trabalhos conduzidos no litoral brasileiro nas últimas décadas. Apesar do aparente desaparecimento desta alga, sua ocorrência já foi registrada por Joly (1965), estudando a flora marinha do litoral norte de São Paulo e regiões circunvizinhas e por Oliveira Filho & Ugadim (1976) em seu levantamento das algas existentes no Atol das Rocas. Estudos mais conclusivos são necessários para entender o porquê de Falkenbergia não ter sido encontrada até a realização deste trabalho.

Os gêneros Sargassum, Padina, Jania e Dictyota foram os principais responsáveis em determinar as diferenças de composição do fitobentos entre os setores e entre os tempos de coleta. Estes foram os gêneros que mais contribuíram em termos da cobertura dos costões rochosos e, além disso, os quatro gêneros ocorreram durante todo o ano de coleta. No Caribe, Sargassum ocorre principalmente no inverno (Espinoza *et al.*, 2008). Em Cabo Frio, Sargassum e Padina ocorreram em todas as épocas do ano, enquanto Dictyota ocorreu nos meses mais quente do ano. Sargassum, Padina e Dictyota também foram registradas em todas as épocas do ano por Gestinari *et al.* (1998). Já Brito *et al.* (2002) encontraram Sargassum e Padina somente na primavera e no verão e Jania em todas as estações do ano.

Em relação à ocorrência de algumas algas, especialmente aquelas de menor tamanho, é relevante levar em consideração que algumas delas possam ter sido coletadas de uma maneira subestimada. Tal fato pode ter ocorrido devido a algumas dificuldades no procedimento de coleta. Por ser uma região de constante batimento de ondas, alguma parte do material amostrado pode ter sido perdido no deslocamento do responsável pela raspagem do material.

Fora isso, vale ressaltar que levando em conta a extensão do setor (60m de comprimento) e o tamanho gradil de amostragem (20 x 20 cm), algumas algas de ocorrências mais raras possam não ter sido coletadas. Evidentemente, o aumento do gradil de amostragem ou o aumento do número de raspagens seriam medidas positivas na resolução destas questões. Entretanto, para este trabalho, o esforço na coleta e identificação das algas seria inviável. Isto somente seria possível com um maior tempo de trabalho ou um maior número de pessoas trabalhando na identificação do material.

2.6 Conclusão

- Em termos da abundância relativa, *Jania*, *Sargassum* e *Dictyota* são os principais gêneros responsáveis pela composição do fitobentos nos setores amostrados em Parati-Mirim.
- Entre os setores no conjunto das coletas (espacial) e entre as coletas no conjunto dos setores (temporal), existe heterogeneidade na composição do fitobentos.
- É possível verificar que as coletas e os setores são diferenciados por *Sargassum*, *Jania* e *Padina*. *Sargassum* é um forte descritor da diferença espaço-temporal do fitobentos mostrando que onde ela está presente, há pouca presença de *Jania* e *Padina*, por outro lado, na presença de *Jania* e *Padina*, é esperado encontrar pouco *Sargassum* recobrindo o costão.
- Entre estas 3 formações existe um gradiente de mudança da fisionomia do fitobentos que é caracterizado pelas algas em questão juntamente com os outros gêneros que compõem o fitobentos.

Capítulo 3 – Descrição da dieta

Resumo

Conhecidos por serem animais generalistas, os ouriços tem sua dieta composta principalmente de algas e outras plantas marinhas. A dieta é importante pois fornece os nutrientes necessários para atividades biológicas fundamentais. Além do mais, conhecer a dieta natural dos animais fornece informação sobre suas relações com outros organismos. Visto que ouriços do mar são predadores vorazes e uma espécie chave do nosso ecossistema marinho, conhecer sua dieta é de extrema importância. Neste trabalho foram analisados os conteúdos estomacais de 192 ouriços da espécie *Lytechinus variegatus*, com o intuito de descrever sua dieta e identificar diferenciações na sua composição ao longo do tempo e entre setores. Os dados mostram que *Jania*, *Sargassum* e *Padina* são os principais gêneros que compõem a dieta de *L. variegatus*. Em termos da composição da dieta a heterogeneidade espaço-temporal se deu principalmente devido a difusão da variabilidade desta composição, sem que existam grupos característicos determinando as diferenciações.

Abstract

Known to be generalists animals, sea urchins have their diets made of especially by algae and other seagrasses. Diet is important for it provide nutrients that are necessary for fundamental biological activities. Furthermore, to understand the animals' natural dieta provide information on their relationship with other organisms. Since sea urchins are voracious predators, and a key specie in our marine ecosystem, understanding its diet is extremely important. On this study, stomach contents from 192 sea urchins *Lytechinus variegatus* were analyzed aiming to describe its diet and to identify differences on the diet composition through time and among sectors. Data show that *Jania*, *Sargassum*, and *Padina* are the most importante genus composing the diet of *L. variegatus*. In terms of diet composition spatial-temporal heterogeneity ocuured due to the grater variability of diet compositing, with no defined groups determining these differences.

3.1 Introdução

Apesar de terem sua dieta composta principalmente por algas e plantas marinhas (e seu perifíton), na verdade os ouriços são animais onívoros e incluem itens variados na sua alimentação entre os quais, mexilhões dos quais

consome epibiontes, concha e os tecidos, e detritos (Moore *et al.*, 1963a; Watts *et al.*, 2007). Em casos de falta de alimentos, os ouriços podem retirar a energia necessária para manutenção do seu metabolismo principalmente de seus órgãos (Lares & Pomory, 1998). Em casos extremos, a falta de alimento também pode acarretar canibalismo (Richardson *et al.*, 2011).

Conhecer a composição da dieta de uma espécie em seu ambiente natural é importante para estabelecer suas necessidades nutricionais e sua interação com outros organismos (Albertoni *et al.*, 2003). Os estudos de dieta lidam com um aspecto fundamental da biologia dos organismos e nos fornecem informação importante para responder questões de cunho evolutivo, ecológico e conservacionista (Durães & Marini, 2005). Diferenças na qualidade e quantidade do alimento ingerido podem influenciar a fisiologia e morfologia de ouriços do mar (Fernandez & Boudouresque, 2000). A variação da dieta produz uma mudança nas populações (Malizia, 2001), história de vida e comportamento das novas presas (van Heezik & Davis, 1990; Brändle *et al.*, 2002), assim como em seus padrões de uso de habitat e interações (Pérez & Bulla, 2000). Consequentemente também afeta a estrutura das comunidades (Malizia, 2001).

Os estudos de composição de dieta em diversos animais são geralmente feitos por meio de análise do conteúdo estomacal (Silva, 1999; Lima-Junior & Goitein, 2001; Jardas *et al.*, 2004; Jackson & Rundle, 2008; Pinotti *et al.*, 2011). No caso de ouriços a composição da dieta nestes animais também já foi avaliada por meio de observação do alimento presente entre os dentes (Ayling, 1978), respostas sensoriais em laboratório (Lawrence, 1975), diferenças entre taxas de ingestão (Lawrence, 1975) e escolha entre diferentes itens alimentares oferecidos (Leighton, 1966; Souza *et al.*, 2008).

No litoral brasileiro poucos estudos foram realizados tratando de conhecer a dieta de invertebrados marinhos no ambiente natural. Ademais, sendo

Lytechinus variegatus uma espécie comum e em muitas ocasiões, dominante no nosso litoral, estudos desta natureza são importantes para a compreensão não só de sua dieta em si, mas também da forma como pode afetar as espécies que compõem a comunidade vegetal.

3.2 Objetivos

Este capítulo tem como objetivo identificar as algas que compõem a dieta dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* coletados. Além disso, procura-se determinar se há heterogeneidade espaço temporal na composição de suas dietas.

3.3 Metodologia

Dentre os métodos de análise de dieta mais tradicionais estão a composição relativa por número (contagem), a composição por frequência relativa de ocorrência e a composição relativa por volume ou peso dos itens alimentares (Hyslop, 1980). Cada uma dessas medidas fornece diferentes visões do comportamento alimentar dos organismos (Cortés, 1997). Segundo Tirasin & Jorgensen (1999) a composição relativa por número representa a proporção do número de um item alimentar em particular em relação a todos os itens alimentares presentes no conteúdo estomacal. A composição relativa por volume ou peso é a proporção do volume ou biomassa de um item alimentar em relação ao volume ou peso total do conteúdo estomacal. Já a composição por frequência relativa de ocorrência fornece informação sobre a proporção de estômagos contendo um determinado item alimentar.

Neste trabalho a descrição da dieta dos organismos foi realizada por meio da análise do conteúdo presente no trato digestório. Após ser separado por meio

do processo descrito no capítulo 1, o trato digestório de cada um dos ouriços foi dissecado com o auxílio de uma pinça e de um bisturi. O conteúdo composto principalmente pelos fragmentos de algas ingeridas e areia, foi então lavado com água corrente em uma peneira de malha 0,1 cm, preservado em formol 4% salino e triado sob lupa estereoscópica (Fig. 16). Como uma parte do material ingerido sofre excessiva fragmentação por causa do processo digestivo apenas a fração identificável sob lupa foi utilizada.

Figura 16 – Conteúdo estomacal pós filtrado que foi encaminhado para triagem sob lupa para identificação dos itens alimentares na dieta de *Lytechinus variegatus*.

As algas presentes no trato digestório dos ouriços foram identificadas até o nível de gênero. A identificação das algas foi também realizada na Seção de Ficologia do Instituto de Botânica de São Paulo (IBot).

Após a triagem, os lotes foram tratados como descrito no capítulo 2.

As análises estatísticas também foram conduzidas da maneira descrita nesse capítulo.

3.4 Resultados

Figura 17 – Frequência de ocorrência (FO) dos 17 gêneros de alga presentes nas dietas de *Lytechinus variegatus* de Parati-Mirim (Paraty, RJ). Em cima das barras, o valor da FO.

No estudo composição da dieta de *Lytechinus variegatus* foram identificados 17 gêneros de algas (Fig.17). Observando o gráfico, de frequências de ocorrências (FO) das diferentes algas no conjunto das 192

réplicas analisadas, notam-se 6 gêneros mais disseminados ($FO > 50\%$): *Jania*, *Sargassum*, *Padina*, *Hypnea*, *Sphacelaria* e *Acantophora*. Outros 2 gêneros apresentaram frequência intermediária ($25\% < FO < 50\%$): *Bryopsis* e *Dictyota*. Todos os demais gêneros ocorreram com menos do que 25% de frequência, podendo ser considerados de ocorrência mais ocasional.

Figura 18 – Diagrama PCA das amostras da dieta (N=192). As cores representam os diferentes setores: setor 1 (preto), setor 2 (vermelho), setor 3 (azul) e setor 4 (verde).

A heterogeneidade da estrutura da dieta no conjunto de setores e coletas ($n = 192$), revelada pelo índice de Bray-Curtis está representada no diagrama de ordenação da figura 18. Diferente do que foi observado no capítulo anterior, não existem padrões na caracterização da dieta. Em comparação com o capítulo anterior, a variabilidade da composição da dieta é muito maior do que a variabilidade da composição do fitobentos.

Tabela 2 - Resultados da PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Bray-Curtis para a composição da dieta na região de Parati-Mirim - RJ. Em negrito a interação estatisticamente significativa para $p < 0,05$.

Fonte de variação	MS	F	P(perm)	P(MC)
co	10225.59	7.5169	0.0001	0.0001
se	10026.63	4.0146	0.0002	0.0001
coxse	2497.546	1.836	0.0002	0.0001

Assim como no capítulo anterior, a composição da dieta dos ouriços também foi analisada entre os diferentes setores dentro de cada coleta e entre os mesmos setores de diferentes coletas. Para a dieta, assim como para a composição do fitobentos, a avaliação entre os setores e as coletas, por meio da PERMANOVA, mostrou que existe interação entre os fatores. A interação é altamente significativa (Tab. 2), impossibilitando portanto a análise conjunta desses fatores.

Na comparação da dieta dos ouriços entre os quatro setores dentro de cada coleta, houve pelo menos um setor apresentando diferença significativa em relação aos demais. Na primeira coleta foi possível observar diferença significativa entre o setor 3 e o setor 1 (setor 3 vs setor 1, $p < 0,01$), onde 70,78% do total foi determinada pelas abundâncias de Sargassum (12,94%), Acanthophora (8,84%), Padina (7,57%) e Jania (5,15%). Entre o setor 3 e o setor 2, a diferença significativa (setor 3 vs setor 2, $p < 0,01$) foi estipulada pelas abundâncias de Sargassum (15,57%), Padina (8,09%), Jania (7,02%), Hypnea (6,39%) e Dictyota (5,92%), o que equivale a 76,25% do total. Entre os setores 3 e 4, a diferença significativa (setor 3 vs setor 4, $p < 0,01$), é devida em 72,40% às abundâncias de Sargassum (13,13%), Acanthophora (10,89%), Padina (6,38%) e Jania (4,28%). A diferença foi estatisticamente significativa entre os setores 2 e 4 (setor 2 vs setor 4, $p < 0,01$), da qual 73,47% é devida pelas abundâncias de

Acantophora (9,72%), Padina (8,97%), Jania (7,04%), Dictyota (6,14%) e Sargassum (6,08%).

Na segunda coleta, diferenças marcantes na composição da dieta puderam ser observadas. O setor 1 foi significativamente diferente do setor 2 (setor 1 *vs* setor 2, $p < 0,01$), onde as abundâncias de Acantophora (14,09%), Sargassum (8,31%), Padina (8,04%) e Hypnea (6,60%) foram responsáveis pela soma de 72,39% do total. A diferença significativa entre os setores 1 e 3 (setor 1 *vs* setor 3, $p < 0,01$), da qual 76,75% do total é determinada pelas abundâncias de Acantophora (14,05%), Sargassum (12,02%), Padina (9,53%) e Jania (4,63%). Em relação aos setores 1 e 4, foi identificada diferença significativa (setor 1 *vs* setor 4, $p < 0,01$), determinada por Acantophora (17,92%), Jania (12,83%), Padina (7,54%) e Sargassum (6,10%) em 70,26% do total. O setor 4 também foi significativamente diferente do setor 2 (setor 4 *vs* setor 2, $p < 0,01$), da qual do total, 76,91% é determinada por Jania (13,59%), Sargassum (6,86%), Padina (6,80%), Acantophora (6,13%) e Hypnea (5,81%). Além deste, o setor 4 também foi significativamente diferente do setor 3 (setor 4 *vs* setor 3, $p < 0,005$), onde as abundâncias de Jania (13,90%), Sargassum (9,69%), Padina (8,44%), Acantophora (6,45%) e Caulerpa (3,80%), contribuíram para 79,23% do total.

A terceira coleta mostrou diferença significativa somente entre o setor 2 e o 4 (setor 2 *vs* setor 4, $p < 0,005$), esta diferença foi determinada pelas abundâncias de Jania (13,00%), Acantophora (10,05%), Hypnea (9,39%), Sphacelaria (6,38%), Falkenbergia (5,71%) e Laurencia (4,44%), que acumularam 73,73% do total.

Tratando dos setores da quarta coleta em termos da composição da dieta, foi observado que o setor 2 foi significativamente diferente do setor 3 (setor 2 *vs* setor 3, $p < 0,05$), da qual 73,41% do total é determinada por Jania (9,19%), Hypnea (7,50%), Sargassum (7,23%), Sphacelaria (5,73%), Gelidiopsis

(5,40%), Padina (4,39%), Acanthophora (4,00%) e Centroceras (3,80%). Da mesma maneira, o setor 2 também foi significativamente diferente do setor 4 (setor 2 vs setor 4, $p < 0,01$), onde as abundâncias de Jania (10,70%), Hypnea (8,94%), Padina (6,09%), Sargassum (5,79%), Gelidiopsis (5,40%), Bryopsis (5,29%) e Sphacelaria (4,22%), contribuíram para 70,44% do total.

Já na quinta coleta, o setor 1 foi estatisticamente diferente do setor 2 (setor 1 vs setor 2, $p < 0,001$) e, 70,67% do total é devida às abundâncias de Jania (15,19%), Hypnea (7,90%), Sargassum (7,51%), Padina (7,16%) e Bryopsis (6,05%). O setor 1 também foi significativamente diferente do setor 3 (setor 1 vs setor 3, $p < 0,001$), onde as abundâncias de Jania (14,81%), Sargassum (7,45%), Bryopsis (5,93%), Hypnea (5,54%), Acanthophora (3,95%) e Padina (3,60%), contemplaram 74,37% do total. A diferença significativa entre o setor 1 e o setor 4 (setor 1 vs setor 4, $p < 0,05$), é dada pelas abundâncias de Jania (15,04%), Sargassum (9,47%), Padina (7,99%) e Bryopsis (7,51%) em 73,28% do total. O setor 4 também foi significativamente diferente do setor 2 (setor 4 vs setor 2, $p < 0,01$), neste caso 74,07% do total é determinada pelas abundâncias de Sargassum (9,62%), Jania (7,76%), Hypnea, (6,70%), Padina (6,56%), Bryopsis (5,76%) e Dictyota (4,78%). Diferença significativa foi novamente observada entre os setores 3 e 4 (setor 3 vs setor 4, $p < 0,001$), da qual 71,27% do total é devida às abundâncias de Jania (8,73%), Sargassum (7,89%), Padina (5,78%), Bryopsis (5,53%), Hypnea (4,83%) e Dictyota (4,77%). Por fim, houve diferença significativa entre o setor 2 e o setor 3 (setor 2 vs setor 3, $p < 0,05$) onde 70,53% do total é determinada pelas abundâncias de Sargassum (7,98%), Padina (5,74%), Jania (5,56%), Hypnea (5,27%), Acanthophora (3,71%), Gelidiopsis (3,68%) e Heterosiphonia (2,90%).

Finalmente, quando comparados os quatro setores na sexta coleta, foi possível identificar que o setor 2 foi diferente significativamente do setor 1 (setor 2 vs setor 1, $p < 0,01$), onde as abundâncias de Jania (14,48%), Padina

(13,39%), Hypnea (8,48%), Sphacelaria (6,18%) e Sargassum (5,19%), responderam por 78,13% do total. A diferença significativa entre o setor 2 e o setor 3 (setor 2 vs setor 3, $p < 0,05$) foi representada por Jania (16,38%), Padina (12,08%), Sargassum (8,24%) e Hypnea (7,33%) em 74,16% do total. Na diferença significativa entre o setor 2 e o setor 4 (setor 2 vs setor 4, $p < 0,01$), as abundâncias de Padina (11,52%), Jania (8,58%), Sargassum (7,59%), Hypnea (7,22%) e Dictyora (6,76%), contribuíram para 74,82% do total.

Assim como foi observado no capítulo anterior para a composição do fitobentos, o setor quatro mostrou diferenças marcantes quanto à composição da dieta. No entanto, diferentemente do que foi apresentado no capítulo 2, dentro dos períodos de coleta, os outros três setores também foram diferentes com relação à composição da dieta, principalmente o setor dois. Tendo em vista estes resultados, é possível levantar a hipótese de que, diferenças na composição da dieta dos ouriços não podem ser explicadas pelas diferenças estruturais dos setores.

Tratando das comparações temporais dentro dos setores, as diferenças nas composições das dietas ao longo do tempo foram muito mais marcantes do que as diferenças observadas na composição da comunidade do fitobentos. O setor 1 foi significativamente diferente entre as coletas 1 e 3 (coleta 1 vs coleta 3 $p < 0,05$), onde 72,71% do total é devida às abundâncias de Jania (13,58%), Acanthophora (10,73%), Padina (8,95%) e Sphacelaria (7,88%). A diferença significativa entre a coleta 1 e a coleta 4 (coleta 1 vs coleta 4, $p < 0,01$) é determinada pelas abundâncias de Jania (14,19%), Padina (12,83%), Acanthophora (11,26%), Sargassum (6,76%) e Hypnea (4,75%) que acumulam 74,01% do total. Em relação à diferença significativa entre a coleta 1 e a coleta 5 (coleta 1 vs coleta 5 $p < 0,001$), 74,58% do total é determinada pelas abundâncias de Jania (19,13%), Acanthophora (13,16%), Padina (11,73%) e Sargassum (7,09%). A coleta 1 também foi estatisticamente diferente da coleta

6 (coleta 1 vs coleta 6, $p < 0,01$), e foi determinada pelas abundâncias de *Jania* (14,29%), *Acantophora* (13,80%), *Padina* (9,38%) e *Sphacelaria* (5,93%), em 72,53% do total. Já a coleta 2 foi significativamente diferente da coleta 4 (coleta 2 vs coleta 4, $p < 0,01$), onde as abundâncias de *Acantophora* (19,00%), *Jania* (12,99%), *Padina* (8,21%), *Sargassum* (6,12%) e *Hypnea* (5,07%), responderam por 73,05% do total. Na diferença significativa entre a coleta 2 e a coleta 5 (coleta 2 vs coleta 5, $p < 0,001$), 74,94% do total foi devida às abundâncias de *Acantophora* (21,64%), *Jania* (17,66%), *Padina* (7,64%) e *Sargassum* (7,27%). A diferença entre a coleta 2 e a coleta 6 (coleta 2 vs coleta 6, $p < 0,001$) é dada por *Acantophora* (22,18%), *Jania* (12,96%), *Padina* (8,99%) e *Sphacelaria* (6,23%) em 74,17% do total. Entre as coletas 3 e 5 também foi identificada diferença significativa (coleta 3 vs coleta 5, $p < 0,05$), da qual 75,62% do total foi devida às abundâncias de *Jania* (14,05%), *Sphacelaria* (8,11%), *Acantophora* (8,06%), *Sargassum* (7,23%) e *Bryopsis* (5,96%).

Tratando do segundo setor, a coleta 2 foi significativamente diferente das demais. A diferença entre a coleta 2 e a coleta 1 (coleta 2 vs coleta 1, $p < 0,05$), determinada pelas abundâncias de *Sargassum* (8,87%), *Padina* (8,65%), *Hypnea* (7,38%), *Jania* (7,34%) e *Dictyota* (5,52%), contemplou 76,27% do total. Entre a coleta 2 e a coleta 3, a diferença significativa (coleta 2 vs coleta 3, $p < 0,01$), foi representada em 74,84% do total pelas abundâncias de *Hypnea* (9,35%), *Sargassum* (9,21%), *Acantophora* (7,25%), *Padina* (6,94%) e *Jania* (6,25%). Na diferença significativa entre as coletas 2 e 4 (coleta 2 vs coleta 4, $p < 0,001$), 75,72% do total foi determinada pelas abundâncias de *Acantophora* (9,81%), *Sargassum* (8,66%), *Jania* (8,52%), *Padina* (8,09%), *Hypnea* (8,05%) e *Gelidiopsis* (5,40%). A coleta 2 também foi estatisticamente diferente da coleta 5 (coleta 2 vs coleta 5, $p < 0,001$), as abundâncias de *Acantophora* (11,02%), *Sargassum* (8,23%), *Hypnea* (6,48%), *Jania* (6,28%), *Padina* (6,05%) e *Heterosiphonia* (2,91%), respondem por 73,70% do total. A diferença

significativa entre a coleta 2 e a coleta 6 (coleta 2 vs coleta 6, $p < 0,01$), é devida às abundâncias de Padina (10,49%), Acantophora (8,81%), Sargassum (7,97%), Hypnea (7,55%) e Jania (4,32%), 78,93% do total. Além destas, a coleta 1 foi significativamente diferente da coleta 4 (coleta 1 vs coleta 4, $p < 0,01$), onde 76,41% do total correspondeu às abundâncias de Jania (9,50%), Hypnea (8,63%), Padina (8,10%), Acantophora (6,69%), Dictyota (5,52%), Gelidiopsis (5,45%) e Sphacelaria (5,07%). A coleta 1 foi também diferente significativamente da coleta 5 (coleta 1 vs coleta 5, $p < 0,01$), com as abundâncias de Padina (8,18%), Jania (7,59%), Acantophora (7,55%), Hypnea (6,86%), Sargassum (6,27%), Dictyota (5,67%) e Sphacelaria (4,34%), representando 78,27% do total. A coleta 3 foi diferente da coleta 5 (coleta 3 vs coleta 5, $p < 0,01$), sendo que 74,23% do total foi determinada pelas abundâncias de Acantophora (9,65%), Hypnea (8,14%), Padina (6,04%), Sargassum (5,70%), Jania (4,89%), Laurencia (4,51%) e Sphacelaria (3,50%). A diferença significativa entre as coletas 3 e 6 (coleta 3 vs coleta 6, $p < 0,05$), é devida em 73,25% do total pelas abundâncias de Padina (14,30%), Acantophora (8,87%), Hypnea (8,82%), Jania (5,99%) e Sargassum (4,88%). Já a coleta 4 se diferencia estatisticamente da coleta 6 (coleta 4 vs coleta 6, $p < 0,01$) em 71,34% do total, determinada pelas abundâncias de Padina (15,52%), Jania (8,16%), Hypnea (7,57%), Gelidiopsis (5,40%), Sargassum (4,53%) e Centroceras (3,93%).

Em relação ao terceiro setor, a coleta 1 foi significativamente diferente da coleta 3 (coleta 1 vs coleta 3, $p < 0,05$), onde as abundâncias de Sargassum (12,78%), Jania (6,68%), Acantophora (6,40%), Padina (5,19%), Sphacelaria (5,13%) e Hypnea (5,12%), acumulando portanto 77,72% do total. A coleta 1 também foi significativamente diferente da coleta 4 (coleta 1 vs coleta 4, $p < 0,05$), com 72,01% do total sendo representado pelas abundâncias de Sargassum (11,63%), Jania (6,41%), Padina (5,98%), Sphacelaria (5,81%),

Acantophora (4,73%) e Hypnea (4,18%). Foi verificada diferença significativa também entre as coletas 1 e 5 (coleta 1 vs coleta 5, $p < 0,01$), da qual 75,09% do total é determinada pelas abundâncias de Sargassum (10,77%), Jania (7,65%), Hypnea (5,04%), Padina (4,97%), Sphacelaria (3,87%) e Acantophora (3,29%). Em relação à diferença significativa revelada entre a coleta 1 e a coleta 6 (coleta 1 vs coleta 6, $p < 0,01$), as abundâncias de Jania (16,92%), Sargassum (12,28%), Padina (7,04%) e Acantophora (4,69%) representaram 72,68% do total. Tratando da coleta 2, ela foi estatisticamente diferente da coleta 3 (coleta 2 vs coleta 3, $p < 0,001$), onde 72,70% do total foi devida às abundâncias de Acantophora (10,05%), Sargassum (9,62%), Padina (8,17%), Jania (6,28%) e Sphacelaria (5,84%). Entre a coleta 2 e a coleta 4 a diferença significativa (coleta 2 vs coleta 4, $p < 0,01$) foi determinada pelas abundâncias de Padina (9,37%), Sargassum (8,99%), Acantophora (8,65%), Jania (6,05%), Sphacelaria (5,01%) e Chondria (3,35%), correspondente a 74,67% do total. A diferença significativa entre a coleta 2 e a coleta 5 (coleta 2 vs coleta 5, $p < 0,001$) foi representada em 70,92% pelas abundâncias de Padina (8,27%), Sargassum (7,45%), Acantophora (7,64%), Jania (7,39%) e Hypnea (4,37%). A diferença significativa entre a coleta 2 e a coleta 6 (coleta 2 vs coleta 6, $p < 0,01$) foi determinada pelas abundâncias de Jania (16,96%), Acantophora (10,47%), Sargassum (9,74%) e Padina (8,73%), resultando em 81,04% do total. Foi confirmada diferença estatística entre a coleta 6 e a coleta 3 (coleta 6 vs coleta 3, $p < 0,05$), onde 70,70% do total foi devida às abundâncias de Jania (14,63%), Sargassum (7,72%), Padina (7,14%), Sphacelaria (5,79%) e Acantophora (5,13%). Já a diferença significativa entre a coleta 6 e a coleta 5 (coleta 6 vs coleta 5, $p < 0,05$) foi determinada pelas abundâncias de Jania (14,36%), Sargassum (7,41%), Padina (7,08%), Hypnea (4,25%) e Acantophora (3,38%), acumulando 71,28% do total.

Por fim, em termos da composição da dieta, o setor 4 mostrou uma diferença marcante em relação à primeira coleta. Esta coleta foi significativamente diferente de todas as outras coletas. A diferença entre a coleta 1 e a coleta 2 (coleta 1 vs coleta 2, $p < 0,01$) em 76,38% do total foi determinada pela abundância de *Jania* (13,13%), *Acantophora* (11,03%), *Padina* (7,71%), *Sargassum* (5,44%) e *Caulerpa* (3,83%). Entre as coletas 1 e 3, a diferença significativa (coleta 1 vs coleta 3, $p < 0,001$) foi devida à abundância de *Acantophora* (14,85%), *Jania* (14,01%), *Padina* (8,95%), *Falkenbergia* (5,71%) e *Sphacelaria* (5,69%), que acumularam 75,28% do total. A coleta 1 apresentou diferença significativa em relação à coleta 4 (coleta 1 vs coleta 4, $p < 0,001$), em 75,14% do total, devido às abundâncias de *Acantophora* (15,07%), *Jania* (13,26%), *Padina* (9,16%), *Sargassum* (5,74%) e *Bryopsis* (4,93%). As coletas 1 e 5 foram significativamente diferentes (coleta 1 vs coleta 5, $p < 0,001$) onde 78,69% do total foi determinada pelas abundâncias de *Acantophora* (14,67%), *Jania* (9,10%), *Sargassum* (8,42%), *Padina* (6,29%) e *Bryopsis* (5,01%). A diferença significativa entre a coleta 1 e a coleta 6 (coleta 1 vs coleta 6, $p < 0,001$), foi em 78,85% do total, representada pelas abundâncias de *Acantophora* (14,49%), *Jania* (8,29%), *Dictyota* (6,80%), *Sargassum* (6,16%), e *Padina* (5,87%). Além destas, a coleta 2 foi diferente significativamente da coleta 4 (coleta 2 vs coleta 4, $p < 0,001$), determinada pelas abundâncias de *Jania* (12,65%), *Padina* (6,83%), *Sargassum* (6,06%), *Acantophora* (5,93%), *Bryopsis* (5,01%), *Falkenbergia* (3,92%) e *Caulerpa* (3,80%), que somaram 74,77% do total. Finalmente, a coleta 6 se mostrou significativamente diferente da coleta 3 (coleta 6 vs coleta 3, $p < 0,05$), onde 79,24% do total foi devida às abundâncias de *Jania* (13,13%), *Sargassum* (7,48%), *Padina* (7,11%), *Dictyota* (5,81%), *Falkenbergia* (5,71%) e *Sphacelaria* (5,63%).

3.5 Discussão

Foram encontrados 17 gêneros de algas compondo a dieta dos ouriços em Parati – Mirim: 11 Rhodophyta (64,7%), 4 Ochrophyta (23,5%) e 2 Chlorophyta (11,8%).

Grande parte dos trabalhos que lidam com a dieta dos ouriços, foca nos efeitos que diferentes dietas (naturais ou artificiais) causam no crescimento, no desenvolvimento gonadal e das larvas. Consequentemente, estes trabalhos acabam sendo realizados em laboratório onde, itens alimentares pré-selecionados são oferecidos aos ouriços. Poucos trabalhos buscam descrever a dieta destes animais em seu ambiente natural. Quando estes existem, são principalmente realizados com indivíduos do hemisfério norte. Nestas regiões as dietas dos ouriços são compostas principalmente por vegetais superiores marinhos como *Thalassia testudinum* (Moore *et al.*, 1963a; McClanahan *et al.*, 1994; Greenway, 1995), *Syringodium filiformis* (Lowe & Lawrence, 1976) e *Halodule wrightii* (Watts *et al.*, 2007). Estas espécies vegetais são mais comuns nestes ambientes e, além destes animais aparentemente serem generalistas (Emlen, 1966), a dieta dos equinóides depende do alimento disponível no exato lugar e momento em que a alimentação ocorre (Lawrence, 1975).

A dieta de *Lytechinus variegatus* vem sendo estudada desde o começo da década de 40. Em sequência a estes estudos, Kier & Grant (1965) identificaram que a dieta de *L. variegatus* é composta principalmente de *T. testudinum*. Moore & McPherson (1965) mostraram que além de *T. testudinum*, esta espécie de ouriço também apresenta em seu conteúdo estomacal, algas diversas, areia e conchas. Lowe & Lawrence (1976) foi mais específico, segundo ele, *L. variegatus* se alimenta de *T. testudinum*, *S. filiformis*, *Ulva*, *Halimeda*, e outras

algas vermelhas e verdes filamentosas, além de incluir em sua dieta animais como crustáceos e gastrópodes.

No entanto, pelo menos tratando dos indivíduos do hemisfério sul, *L. variegatus* tem mais de 80% de sua dieta composta por algas. As macroalgas são o principal alimento desta espécie a não ser que estas tenham uma baixa oferta no ambiente (Cobb & Lawrence, 2005). Os resultados do capítulo três mostram que, em Parati – Mirim, *L. variegatus* se alimentaram principalmente de Jania, Sargassum, Padina, Hypnea e Acanthophora. Em comparação com outro trabalho conduzido em São Sebastião, Oliveira (1991) estudando a dieta de *L. variegatus*, concluiu que Sargassum e Hypnea representam grande parte de sua dieta juntamente com Sphacelaria.

A lista de gêneros de algas encontradas na dieta dos ouriços em Parati – Mirim vai de acordo também com o que foi observado na dieta de *L. variegatus* na Flórida (Cobb & Lawrence, 2005). Dos 17 gêneros encontrados compondo a dieta dos ouriços em Parati – Mirim, 12 estiveram presentes na dieta dos ouriços do litoral norte-americano. Nesta região, além de *Thalassia testudinum*, Sargassum foi um dos itens alimentares mais consumidos por *Lytechinus variegatus*. O alto consumo de Sargassum pode ser explicado pelo fato de que *L. variegatus* tem uma alta capacidade de absorção dos nutrientes encontrados nesta alga (Lowe & Lawrence, 1976).

De certa maneira, a dieta de outras espécies de ouriços é semelhante à dieta de *L. variegatus*. *Strongylocentrotus franciscanus* também tem sua dieta composta, em grande parte, de algas vermelhas (Mattison *et al.*, 1976). Harold & Reed (1985) mostraram que, a dieta de *S. franciscanus* e *S. purpuratus* foi composta de algas pardas e com a presença ocasional de algas vermelhas. A dieta de *Toxopneustes roseus* é mais diferente, nela é possível encontrar rodólitos, algas coralíneas e corais mortos (James, 2000). Segundo o autor, Sargassum e Hypnea, algas muito usadas como alimento por outras espécies, é

usada geralmente na cobertura dos indivíduos de *Toxopneustes roseus*. Ouriços do gênero *Echinometra* e *Heterocentrotus* também consumiram algas coralíneas em abundância, além de *Pterocladia* e *Ulva* (Ogden *et al.*, 1989). O consumo de algas coralíneas é curioso visto que os ouriços geralmente consomem esta alga quando outros itens não estão disponíveis (Vance, 1979).

Em Parati – Mirim foi possível observar diferenças na composição do fito entre os diferentes setores e entre os diferentes tempos de coleta. Os ouriços se alimentam de uma grande variedade de itens alimentares, se alimentando principalmente das algas que estão ao seu redor (Ogden *et al.*, 1989). Por causa disso, a dieta dos ouriços fica dependente da disponibilidade do alimento no ambiente que, como observado no capítulo anterior, pode variar sazonalmente. Cobb & Lawrence (2005) demonstraram que na primavera e no verão, *L. variegatus* consumiram mais flora do que fauna. No outono e no inverno a situação foi diferente, e os ouriços consumiram mais animais do que algas e macrófitas marinhas. De acordo com Kawamura & Taki (1965), com base nas algas, a dieta dos ouriços variou de um ano para outro. Caso a comunidade ficológica em um local não seja estável, é praticamente impossível prever a dieta destes animais.

Assim como a variação da disponibilidade sazonal, a oferta de alimento também pode variar espacialmente. Em geral a distribuição das algas é maior onde os ouriços não estão presentes (Paine & Vadas, 1969). Os próprios ouriços são responsáveis por diminuir a quantidade e variedade do alimento no ambiente. Quando isto ocorre, os ouriços são obrigados a incluir outros itens alimentares em sua dieta para que não passem fome. As algas também têm suas características, competem com outras algas e sofrem influência das características do ambiente. No trabalho de Ogden *et al.* (1989), a composição da dieta dos ouriços foi diferente quando estavam a profundidades diferentes porque a disponibilidade das algas também variou com a profundidade.

De maneira geral, já que os ouriços são animais onívoros e generalistas, é esperado que a composição de sua dieta esteja de acordo com aquilo que o ambiente oferece. Mesmo que este fato possa variar espacial e sazonalmente, a preferência dos ouriços por determinados itens alimentares também pode determinar o que será consumido e o que pode ser rejeitado.

3.6 Conclusão

- Em termos da abundância relativa, Jania, Sargassum, Padina e Hypnea são os principais gêneros responsáveis pela composição da dieta nos setores amostrados em Parati-Mirim.
- Entre os setores no conjunto das coletas (espacial) e entre as coletas no conjunto dos setores (temporal), existe heterogeneidade na composição da dieta.
- Diferentemente do que foi identificado no capítulo 2, não existem grupos evidentes que dão sentido para a diferenciação espaço-temporal. Aparentemente, não existem dietas bem características com relação a determinado gênero de alga. Diversas algas são responsáveis pela heterogeneidade espaço-temporal da dieta.
- Em conclusão, a heterogeneidade da dieta se dá principalmente pela maior difusão da variabilidade de sua composição.

Capítulo 4 – Preferência alimentar

Resumo

Ao observar a dieta de um animal é possível investigar se ele apresenta um comportamento de seleção para um ou mais itens alimentares. Conhecer a preferência alimentar de um animal é importante para identificar como este animal se comporta em um determinado ambiente. Além da preferência, identificar quais itens são rejeitados pode fornecer boa informação sobre questões importantes da presa tais como adaptações evolutivas e outras questões de sua ecologia. Neste capítulo o objetivo foi o de identificar se *Lytechinus variegatus* exibe preferência ou rejeição para algum item alimentar disponível e se essa preferência ou rejeição varia entre locais e tempos diferentes. Para isso, foram analisados dados da dieta e do alimento disponível para o cálculo do índice de seletividade de Ivlev. Os resultados do índice mostram que *L. variegatus* exibe forte preferência por Sphacelaria, Hypnea, Chondria, Champia e Gelidiopsis. Por outro lado, rejeita fortemente Sargassum. Em média não existem grandes variações espaço-temporais quanto a preferência e a rejeição, embora dentro dos setores e das coletas existam indivíduos se comportando de maneiras diversificadas quanto à preferência e a rejeição de alguns itens alimentares.

Abstract

By observing an animal's diet it is possible to investigate whether it shows a selective behavior for one or more food items. To understand an animal's feeding preference is important to identify how this animal behaves on a particular environment. Besides preference, to identify which items are rejected may provide good information about important issues regarding the prey, such as evolutionary adaptations and other ecological issues. On this chapter the objective was to identify whether *Lytechinus variegatus* exhibits preference or rejection for any available food item and if that preference or rejection varies between the different sampling periods and sectors. In order to achieve that, diet and available food data were analyzed for the calculation of the Ivlev selective index. The results show that *L. variegatus* exhibits strong preference for Sphacelaria, Hypnea, Chondria, Champia and Gelidiopsis. On the other hand, it strongly rejects Sargassum. Considerable spatial-temporal variations are not visible regarding the average results of preference and rejection, even though there are individuals behaving on different manners in relation to preference and rejection of certain food items between different sectors and sampling periods.

4.1 Introdução

O conceito de preferência alimentar tem uma vasta significância ecológica (Petrides, 1975) e apenas começou a ser tratado com mais ênfase na

primeira metade do século passado, tratando principalmente da relação entre insetos fitófagos e plantas. Os estudos de preferência alimentar tiveram seu início por volta da década de 20 a partir de trabalhos como os de Brues (1920) e Meyrick (1927).

Cada ser vivo compõe sua dieta com uma determinada variedade de itens. Essa dieta pode apresentar maior ou menor dominância de um ou poucos itens sobre os demais, ou equitatividade, sendo considerada uma dieta mista (Begon *et al.*, 2007). Ao observar a dieta de um animal, é possível investigar se ele apresenta um comportamento de seleção para um ou mais itens alimentares.

Determinar quais recursos alimentares são selecionados com maior frequência do que outros é importante porque fornecem informação sobre a natureza do animal e como eles contemplam suas necessidades para sobrevivência (Manly *et al.*, 2006). A medida do grau de preferência alimentar leva em consideração não só a dieta do animal, mas também a disponibilidade dos itens alimentares oferecidos a ele. Para Manly *et al.* (2006), a disponibilidade é definida como sendo a quantidade de um recurso acessível ao animal durante determinado período de tempo. Segundo Jacobs (1974), Petrides (1975), Chesson (1978), Cock (1978), Lechowicz (1982) e Carpenter (1981), itens que apresentam proporção maior no conteúdo estomacal do que no estoque natural são considerados preferidos; em contrapartida, alimentos que sub-representados na dieta em comparação com a sua disponibilidade são considerados rejeitados; o consumo de um alimento é considerado randômico quando sua proporção na dieta iguala àquela presente no ambiente.

A seleção alimentar é fortemente influenciada pela qualidade do alimento (Lubchenco & Gaines, 1981). Geralmente, assume-se que uma espécie selecionará recursos que melhor satisfazem suas necessidades vitais, e que recursos com maior qualidade serão preferidos (Manly *et al.*, 2006).

Aqui a qualidade pode ser compreendida como o ganho energético líquido do indivíduo ao consumir determinado item alimentar afetado pelo tempo de procura e manipulação do alimento (Emlem, 1966), porém outros fatores também podem afetar a preferência de um animal por um ou outro recurso alimentar disponível. A escolha pode ser induzida por elementos químicos (tóxicas e/ou impalatáveis) presentes no alimento (McConnell *et al.*, 1982; Paul & Fenical, 1986; Hay & Fenical, 1988; Hay *et al.*, 1994; Blunt *et al.*, 2009; Bianco *et al.*, 2010; Machado *et al.*, 2010) e também por diferentes cores e formas das diferentes espécies de presa (Littler *et al.*, 1983; Manly *et al.*, 2006). A relação com outras espécies também é um fator que pode influenciar a seleção alimentar por parte de um animal (Souza *et al.*, 2008).

Alterações do meio abiótico, tais como aquelas relacionadas com eutrofização e aquecimento, também são um fator importante na determinação da preferência já que podem alterar a disponibilidade dos itens no estoque ou a demanda metabólica do predador (Bowen, 1966). Em suma, características físicas, químicas, fisiológicas e a combinação de todas, podem moldar a preferência alimentar de um animal (Snelling, 1941).

O conhecimento dos hábitos alimentares das espécies é importante em termos de conservação, pois viabiliza o gerenciamento de seus recursos.

Muito se sabe da preferência alimentar das espécies de ouriços do hemisfério norte, dentre elas *Lytechinus variegatus*. Todavia o ambiente no nosso litoral é diferente e, em consequência, as condições e espécies que lá ocorrem, também não correspondem totalmente com a do nosso litoral, portanto conhecer como essa espécie se comporta em relação à preferência alimentar no litoral brasileiro, é importante para compreender melhor suas relações ecológicas ao longo de sua faixa de distribuição.

4.2 Objetivos

Este capítulo tem o objetivo de determinar se os indivíduos de *Lytechinus variegatus* que compõem as populações em Parati-Mirim exibem preferência ou rejeição por algum(ns) item(ns) alimentar(es) e se essa preferência ou rejeição varia entre locais e tempos diferentes.

4.3 Metodologia

A obtenção dos valores de preferência alimentar foi feita utilizando o índice de preferência de Ivlev (Mendes & Tavares, 2006; Serbent *et al.*, 2010; Uieda & Pinto, 2011). O índice de preferência de Ivlev foi aqui representado pela letra “*E*” e é definido da seguinte maneira:

$$E = \frac{r - p}{r + p}$$

Na fórmula, *r* é a proporção de um determinado item alimentar presente na dieta, enquanto *p* é a proporção deste mesmo item alimentar no ambiente. O índice de preferência de Ivlev é um índice que varia de -1 a +1. Valores negativos indicam diferentes graus de rejeição e valores positivos indicam diferentes graus de preferência (Jacobs, 1974), enquanto 0 (zero) indica neutralidade quanto a preferência e rejeição, em outras palavras, o item alimentar é consumido na mesma proporção na qual é encontrada no ambiente.

Para o cálculo do índice de preferência de Ivlev foram usadas as proporções dos itens no fitobentos e na dieta, respectivamente apresentados nos capítulos 2 e 3.

4.4 Resultados

Foram obtidos os valores de preferência alimentar para 14 gêneros de algas identificados na dieta dos ouriços amostrados. Não foram calculados resultados para gêneros que não tiveram dados correspondentes tanto na dieta quanto na amostra do fitobentos para cada organismo. Assim como observado no capítulo 3, *Jania*, *Padina* e *Sargassum* foram os gêneros mais representativos na composição da dieta de *Lytechinus variegatus* em Parati – Mirim. Da mesma maneira, estes três gêneros foram encontrados em grandes quantidades compondo o fitobentos nos setores de coleta. Apesar desta alta representatividade, tanto na dieta quanto no ambiente, estes gêneros não estão entre as algas mais preferidas pelos ouriços (Fig. 19).

Figura 19 – Índice de seletividade de Ivlev (E) médio calculado para cada item alimentar em todos os setores e todas as coletas (N=192).

Os valores do índice de Ivlev mostram que, considerando todos os ouriços nos diferentes setores e coletas, *Sargassum* ($E = -0.2$) foi uma alga rejeitada pelos ouriços e, *Padina* ($E = 0.0$) e *Dictyota* ($E = 0.0$) foram consumidas na mesma proporção com a qual estiveram disponíveis. Dentre as algas consumidas preferencialmente, destacam-se *Sphacelaria* ($E = 0.9$) e *Gelidiopsis* ($E = 0.8$). Mesmo sendo a alga com maior frequência de ocorrência no conteúdo estomacal dos ouriços (97,39%), o índice de Ivlev mostra que *Jania* ($E = 0.3$) não é um dos itens alimentares mais preferidos por *Lytechinus variegatus*. *Acantophora*, *Bryopsis* e *Hypnea* (todas com valor de $E = 0.6$), algas

também bastante comuns no ambiente e no conteúdo estomacal dos ouriços, foram consumidas preferencialmente pelos ouriços.

O gráfico da figura 19 permite observar que dentre as algas disponíveis no ambiente, poucas são aquelas que o ouriço realmente rejeita em sua alimentação. A maioria dos gêneros de algas identificados em Parati – Mirim, mesmo que umas apresentem representatividade menor que outras, não exibem qualquer indício de possuírem características que façam com que os ouriços não as incluam na sua dieta.

Figura 20 – Índice de seletividade de Ivlev (E) para cada gênero de alga, mostrando variações entre os setores (Descalvado - vermelho, Algodão 1 - amarelo, Algodão 2 - verde e Saco da Velha - azul), no conjunto das coletas (11/2010 e 01, 03, 05, 07 e 09/2011, representadas respectivamente pelos números de 1 a 6 dentro de cada coleta). (◆) mostram as réplicas dentro de cada setor (N=8).

Na comparação da preferência alimentar entre as coletas e entre os setores três padrões puderam ser observados: algas altamente rejeitadas, algas altamente preferidas e aquelas algas que ora foram rejeitadas ora foram preferidas.

Observando a figura 20 fica evidente que algas como *Sphacelaria*, *Jania*, *Gelidiopsis*, *Chondria* e *Champia* sempre foram consumidas preferencialmente, quando avaliadas as médias do índice de seletividade, mesmo que em alguma coleta e/ou setores, alguns indivíduos exibam rejeição para determinado gênero de alga. Algumas algas não foram registradas em todas as coletas e setores, impossibilitando o cálculo do índice para estas algas em determinadas ocasiões.

Dentre as algas rejeitadas de acordo com os índices de preferência alimentar, *Sargassum* foi rejeitada em quase todas as coletas e setores. O índice

de preferência somente exibiu resultados positivos para esta alga na quinta e sexta coletas no setor 1, na segunda e quinta coletas no setor 3 e na sexta coleta no setor 4.

Por fim, algumas algas mostraram ser preferidas em algum momento e rejeitadas em outros. No caso de *Padina*, ela foi rejeitada consideravelmente nas coletas realizadas nos setores 1, 2 e 4; e exibindo valores positivos para preferência nas coletas realizadas no setor 3. *Laurencia* exibiu índice de preferência positivo em poucas coletas realizadas nos setores 1, 2 e 3; e índice de preferência negativo na terceira e sexta coletas realizadas no quarto setor. No caso de *Centroceras*, ela foi preferida em coletas dos setores 1, 2 e 3; sendo rejeitada na quarta coleta do setor 4. Por fim, *Dictyota* foi a alga que mais sofreu variação no que diz respeito à preferência. Ela foi preferida em muitas coletas realizadas nos setores 3 e 4, assim como na maioria das coletas do setor 2, entretanto foi muito rejeitada em coletas dos diversos setores.

Os valores do índice de preferência de Ivlev (E) são um bom indicativo na determinação de quais itens alimentares são preferidos pelos organismos. Entretanto, no trabalho realizado em Parati – Mirim, os valores do índice podem estar superestimados para algumas algas. Isto ocorre, entre outros motivos, porque a área do costão amostrada para a cobertura do fitobentos (20 x 20 cm) é uma área pequena levando em consideração toda a extensão do costão rochoso. A área de forrageio de um ouriço durante um dia é evidentemente maior do que a amostrada e, algumas algas consideradas raras, podem não ter sido amostradas devido a este tamanho de área definida para o processo de raspagem. No entanto, a amostragem de uma área mais abrangente é difícil pois também dificulta a identificação de todas as algas provenientes desta raspagem.

Outro fator que deve ser observado quando observamos os resultados de preferência alimentar é que muitas algas são pequenas e filamentosas, estas características de algumas algas como *Sphacelaria*, *Bryopsis* entre outras, fazem

com que uma quantidade delas sejam perdidas durante o processo de raspagem, principalmente devido ao batimento de ondas constante no costão rochoso e que, algumas vezes, deslocava tanto a pessoa responsável pela raspagem quanto o gradil que continha o material coletado. A perda durante este processo não foi quantificada, mas vale mencionar alguns destes problemas operacionais que devem ser levados em consideração na interpretação dos dados.

4.5 Discussão

Conhecendo as algas disponíveis para o consumo dos ouriços em Parati – Mirim e conhecendo também quais e, com qual intensidade, elas são consumidas por esses animais, é possível identificar quais delas são selecionadas por *Lytechinus variegatus*.

Em Parati – Mirim, *L. variegatus* preferiu especialmente algas pardas e vermelhas. Em geral, estas algas são muito consumidas por diversas espécies de ouriços (Booolootian & Lasker, 1964; Lowe & Lawrence, 1976). Alimentos de origem vegetal parecem ser preferidos por ouriços, até por serem mais facilmente manipulados e encontrados por eles. Entretanto, McClintock *et al.* (1982) mostraram que três espécies de ouriços, dentre elas *L. variegatus*, preferiram alimentos de origem animal em comparação com alimentos de origem vegetal.

Os resultados de preferência alimentar apresentados neste trabalho, no entanto, não estão completamente de acordo com outro trabalho realizado por Souza *et al.* (2008). Neste trabalho, os autores observaram que *L. variegatus* exibiu preferência intermediária por Sargassum, uma alga fortemente evitada pelos indivíduos de Parati – Mirim. Já em relação ao o trabalho de Cobb & Lawrence (2005), *L. variegatus* evitou consumir Dictyota. Em comparação com outras espécies de ouriços, *Echinometra lucunter* também exibiu preferência em

relação a *Sphacelaria* e *Centroceras* (Mendes & Tavares, 2006). Os autores também apontaram que *Hypnea*, *Laurencia*, *Sargassum* e *Padina* foram rejeitadas por *E. lucunter*, o que não está de acordo com *L. variegatus*, principalmente em relação a *Hypnea*. *Arbacia punctulata* preferiu algas vermelhas e rejeitou *Sargassum*, *Padina* e *Dictyota* (Hay *et al.*, 1988). Ouriços que vivem em regiões temperadas preferem se alimentar de macrófitas aquáticas (Vadas, 1977; Van Alstyne *et al.*, 1999; Vaitilingon *et al.*, 2003).

As razões pelas quais os herbívoros preferem ou rejeitam um determinado item alimentar são diversas. Em geral, as algas são rejeitadas pelos herbívoros marinhos quando estas apresentam características físicas e/ou químicas que tornem estas algas impalatáveis (Westoby, 1974). Tratando especificamente de ouriços, por possuírem a lanterna de Aristóteles (Watts *et al.*, 2007), a preferência alimentar deles deve responder a características do alimento tais como, forma, tamanho, resistência e facilidade de manipulação (Prado & Heck Jr., 2011).

Diversas algas são conhecidas por possuírem compostos tóxicos e capazes de dificultar ou inibir o seu consumo (Lawrence, 1975; Vadas, 1977; Ayling, 1978; Beddingfield & McClintock, 1999). Os predadores de regiões tropicais são mais ativos e diversos do que os predadores de regiões temperadas, por essa razão alguns cientistas defendem que as plantas possuem defesas mais efetivas nas regiões tropicais (Bolser & Hay, 1996; Cronin *et al.*, 1997; Pennings *et al.*, 2001).

As algas marinhas produzem compostos secundários como terpenos, polifenóis, acetogeninas, entre outros (McConnel *et al.*, 1982; Blunt *et al.*, 2009; Bianco *et al.*, 2010). Em ouriços do mar esses compostos interferem na reprodução (Paul & Fenical, 1986). *Dictyota* não chegou a ser evitada pelos ouriços, mas também não foi consumida preferencialmente. O gênero *Dictyota* é

um dos quais também produz terpenos e polifenóis que inibem o consumo por parte de peixes e ouriços do mar (Hay, 1984; Bianco *et al.*, 2010).

Outra alga rejeitada pelos ouriços, Sargassum, é conhecida pela produção de polifenóis (Hay, 1984; Eston *et al.*, 1986). Entretanto sua rejeição é geralmente atribuída devido a suas características morfológicas (Souza *et al.*, 2008). Sargassum é uma alga coriácea, espessa e dura (Littler *et al.*, 1983), o que faz com que sua manipulação como alimento seja muito difícil. Hay *et al.* (1986) afirmaram que um dos fatores pelos quais Sargassum é rejeitado por *Arbacia punctulata* é o tempo excessivo que essa espécie leva para consumir esta alga. No entanto, este ouriço consome Sargassum preferencialmente durante o dia e a rejeita a noite. Tal fato ocorre provavelmente porque, durante o dia, o ouriço passa grande parte do tempo em locais dominados por Sargassum com o intuito de se proteger da predação por peixes.

Padina, que de acordo com os índices de preferência, foi bastante rejeitada, entra no mesmo grupo de Sargassum de acordo com a classificação de Littler *et al.* (1983). Além disso, segundo Souza *et al.* (2008), quando localizada em uma região de intensa atividade predatória, Padina ocorre como tufos prostrados, dificultando assim a ação dos herbívoros.

A ausência de compostos tóxicos, a facilidade no manuseio do item alimentar e claro, sua disponibilidade, são fatores que fazem com que alguns alimentos acabem sendo mais consumidos do que outros. Outros fatores também podem explicar esta seleção alimentar, alguns herbívoros baseiam a escolha do alimento de acordo com a fase da vida de seu item alimentar. Van Alstyne *et al.* (1999), demonstraram que a preferência de alguns animais variou quando a alga era juvenil e quando era considerada adulta. Já Sotka *et al.* (2003) observaram que quando uma espécie de anfípodo vive associado à Dictyota ele passa a tolerar os compostos tóxicos produzidos por esta alga.

Em Parati – Mirim Laurencia foi selecionada positivamente apesar de ser uma alga conhecida por produzir um composto químico chamado elatol (Hay & Fenical, 1988), e que também a protege da predação por herbívoros (Pereira *et al.*, 2003; Machado *et al.*, 2010). Jania também foi consumida preferencialmente mesmo que Jania apresente características morfológicas que causariam sua rejeição (Littler *et al.*, 1983). No entanto, um fator que pode explicar valores positivos de preferência associado a este gênero, é o fato de Jania ser bastante abundante em todos os setores e coletas, dessa forma, *L. variegatus* pode consumir esta alga em grande quantidade por ela ser facilmente encontrada. Considerando estas exceções, as algas preferidas por *L. variegatus* foram aquelas que não apresentam defesas químicas ou físicas, apontando para o fato de que pelo menos nesta região, estes fatores são importantes no que diz respeito à determinação de quais itens alimentares são selecionados pelos ouriços.

Os valores de preferência de Laurencia, assim como de outras algas, sofreram variação durante os diferentes tempos de coleta. Esta variação pode ser explicada por alguns motivos, dentre os quais podem ser destacados a variação sazonal das algas (Maiorana, 1977), sendo abundantes em uma época e escassas em outras. Outro fator que pode explicar esta variação é que durante um período de maior necessidade de acúmulo de energia, como por exemplo durante o período de maturação gonadal, algumas algas antes rejeitadas que fornecem energia em maior quantidade, passam a ser preferidas.

A colonização de espaços em costões rochosos é controlada por características ambientais locais, pela época do ano e pela história de vida das espécies (Menge *et al.*, 1993; Airoidi, 2000). Em seu trabalho, Airoidi (2000) mostrou que, Laurencia, Padina e Dictyota demonstraram um comportamento sazonal, sendo mais abundantes em poucos meses durante a primavera e o verão em Livorno, Itália. Em Parati – Mirim o mesmo padrão não foi observado já que

Padina e Dictyota ocorreram durante todo o período da realização do trabalho, enquanto Laurencia ocorreu com mais frequência na coleta de inverno. Por essa razão, motivos de variação sazonal de algas não parecem ser suficientes para explicar a variação dos valores de preferência alimentar.

Por outro lado, questões ligadas à quantidade de energia podem estar relacionadas aos comportamentos de recusa ou preferência a determinados gêneros de algas. A preferência alimentar é uma questão de extrema importância no que diz respeito aos processos vitais dos animais (Vadas, 1977), dentre estes processos está incluída a reprodução. Alimentos qualitativamente superiores podem favorecer o desenvolvimento de gônadas em ouriços do mar (Meidel & Scheibling, 1999). De acordo com De Jong-Westman *et al.* (1995), a quantidade de carotenos no alimento favorece o desenvolvimento gonadal. George *et al.* (2001) demonstraram que alimentos ricos em carotenos também aumentam a produção de ovos e larvas em *Lytechinus variegatus*. Características nutricionais das algas também não foram avaliadas neste trabalho, mas também devem ser levadas em consideração na interpretação de dados de preferência alimentar.

4.6 Considerações finais

- Por mais que aparente ser um animal generalista, *Lytechinus variegatus* parece exibir preferência em relação a alguns itens alimentares como Sphacelaria, Hypnea, Chondria, Champia e Gelidiopsis; rejeitando fortemente Sargassum.
- Com relação a alguns gêneros, tal como Dictyota, *Lytechinus variegatus* exibiu um comportamento variável no que diz respeito à preferência.
- Não houveram grandes variações espaço-temporais no que diz respeito à preferência alimentar. Grande parte dos gêneros, mesmo que em graus

por vezes diferentes, foi quase sempre em média preferido ou rejeitado ao longo dos setores e das coletas. Olhando para os indivíduos, é possível perceber que os ouriços exibiram preferência ou rejeição variada em relação aos gêneros *Dictyota*, *Jania*, *Padina* e *Sargassum*.

Conclusão

Na enseada de Parati-Mirim, as populações de *Lytechinus variegatus* parecem ser, em média, bastante estáveis quanto a atributos tais como densidade populacional, diâmetro e desenvolvimento gonadal. Apesar de existirem diferenças espaciais, as populações de ouriços pouco mudam com o tempo. Da mesma maneira, as populações são compostas em sua maioria por indivíduos adultos, que aparentemente se estabelecem nos costões rochosos migrando de outras regiões, visto a falta de indivíduos jovens. Nos setores e nas coletas o diâmetro médio dos ouriços pouco se altera. Em termos do desenvolvimento gonadal, ao longo do tempo de estudo e nos diferentes setores, sempre existem ouriços com gônadas desenvolvidas ou em desenvolvimento apontando não haver uma época reprodutiva marcada para *L. variegatus* em Parati-Mirim. As comunidades fitobentônicas apesar de, em termos de abundância relativa, serem dominadas por poucos gêneros de algas, são bem diversificadas quanto a questões espaço-temporais, principalmente por influência de *Jania*, *Sargassum* e *Padina*. Cenário oposto é observado na dieta, onde uma variabilidade maior de itens é responsável pela heterogeneidade espaço-temporal. Por fim, por mais que seja considerado um generalista, *L. variegatus* exibe, em média, um comportamento de seletividade em relação a determinados gêneros de algas, embora alguns indivíduos possam se comportar de maneira variada quanto a preferência e a rejeição.

Resumo

Os ouriços do mar são extremamente importantes no que diz respeito ao funcionamento do ecossistema marinho. Sua capacidade de estruturar este ambiente causa implicações em larga escala. Baseado nisso e tomando em conta que sua faixa de distribuição é bastante larga, esforços são necessários para uma melhor compreensão de sua ecologia. Neste trabalho buscou-se compreender como diâmetro, densidade populacional e desenvolvimento gonadal se apresentam em uma escala espaço-temporal. Foi feito também um estudo para entender como são compostas as comunidades do fitobentos associada ao ouriço e a sua dieta e, como estas composições se comportam entre tempos e locais diferentes. Por fim, foi realizado um estudo com índices de preferência alimentar a fim de identificar se estes ouriços exibem preferência ou rejeição para algum item alimentar e, da mesma maneira que feito anteriormente, verificar se a seletividade é heterogênea no tempo e no espaço. No período de aproximadamente um ano, foram analisadas populações e coletados 192 ouriços da espécie *Lytechinus variegatus*. Foi verificado que, em relação às densidades populacionais, parece existir um padrão espacial de crescimento dos animais de sudeste a noroeste da enseada de Parati-Mirim, sem a observação de um padrão temporal. Quanto ao diâmetro, os ouriços parecem ser menores no setor 2, a partir da segunda coleta até a quinta coleta os ouriços apresentam crescimento. Entre todos os setores, o desenvolvimento gonadal foi maior no setor 3, parece haver aumento do grau de desenvolvimento gonadal da segunda até a sexta coleta, mas sem padrão definido, apontando para o fato de que sempre existem ouriços com gônadas em diferentes graus de desenvolvimento. Quanto à composição do fitobentos, existe uma heterogeneidade espaço-temporal determinada por Sargassum, Jania e Padina. Entre estas três formações existe um gradiente de mudança na fisionomia dos setores. O mesmo não foi observado na composição da dieta, neste caso, a heterogeneidade espaço-temporal se deu principalmente devido a difusão da variabilidade desta composição, sem que existam grupos característicos determinando as diferenciações. Por fim, os resultados do índice de seletividade mostraram que apesar de ser conhecido como um generalista, *L. variegatus* exhibe preferência por alguns gêneros de algas e rejeita outros. Em média não existem grandes variações espaço-temporais no comportamento de preferência e rejeição.

Abstract

Sea urchins are extremely important for the functioning of the marine ecosystem. Its capacity to structure this environment causes implications on large scale. Based on that and considering that its distribution range is very wide, efforts for a better understanding of its ecology are necessary. On this study the aim was to comprehend how diameter, population density and gonadal development are presented on a spatial-temporal scale. A study to understand how phytobenthos communities and sea urchins diet are composed and how they behave in different places and sampling periods was conducted. At least, a study with a selective preference index was conducted in order to identify if these sea urchins exhibit preference or rejection for particular food items and, as before, verify if selection is heterogenous through sectors and sampling times. On the period studied, 192 *Lytechinus variegatus* sea urchins were collected and analyzed. It was noted that, in relation to population densities, there seems to be a spatial growing pattern from the southeast to the northwest of Parati-Mirim inlet, with no recognition of a temporal pattern. As to urchins' diameter, sea urchins seem smaller on sector 2, from the second to the fifth sampling period sea urchins increase in size. Among all sectors gonadal development was higher on sector 3, there seems to be an increase on the degree of gonadal development from the second to the sixth sampling period, although with no defined pattern, pointing to the fact that through time there are always urchins with gonads in different degrees of development. As to phytobenthos composition there is a spatial-temporal heterogeneity determined by Sargassum, Jania and Padina. Between these three formations there is a gradient of substrate change. The same pattern was not observed considering urchins diet, in this case, spatial-temporal heterogeneity occurred due to the greater variability of diet composition, with no defined groups determining these differences. At least, the results of the selective index showed that, even though considered a generalist, *L. variegatus* exhibits preference for some algae genus and rejects others. In average there are no marked spatial-temporal variations on the behavior of preference and rejection.

Referências Bibliográficas

- Abessa, D.M.S.; Rachid, B.R.F. & Sousa, E.C.P.M. 2001. Preliminary results in the sexual dimorphism determination of the sea urchin *Lytechinus variegatus variegatus* (Lamarck, 1816), Echinoidea, Toxopneustidae. *Brazilian Journal of Oceanography*, 49:1-2.
- Abilhoa, V.; Vitule, J.R.S. & Bornatowski, H. 2010. Feeding ecology of *Rivulus luelingi* (Aplocheiloidei: Rivulidae) in a coastal atlantic rainforest stream, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 8(4):813-818.
- Agatsuma, Y.; Nakata, A.K. & Matsuyama, K.E. 2000. Seasonal foraging activity of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* on coralline flats in Oshoro Bay in south-western Japan. *Fisheries Science*. 66(2):198-203.
- Airoidi, L. 2000. Response of algae with different life histories to temporal and spatial variability of disturbance in subtidal reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 195:81-92.
- Albertoni, E.F.; Palma-Silva, C. & Esteves, F.A. 2003. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 46(3): 395-403.
- Amado Filho, G.M.; Horta, P.A.; Brasileiro, P.S.; Barros-Barreto, M.B. & Fujii, M.T. 2006. Subtidal benthic marine algae of the marine state park of Laje de Santos (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*. 54(4):225-234.

Anderson, M.J. & Underwood, A.J. 1997. Effects of gastropod grazers on recruitment and succession of an estuarine assemblage: a multivariate and univariate approach. *Oecologia*. 109:442-453.

Anderson, M.J. 2005. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland.

Ankney, C.D. & Scott, D.M. 1980. Changes in nutrient reserves and diet of breeding brown-headed cowbirds. *The Auk*. 97(4):684-696.

Aragão, V.A. 2003. Métodos de análise de conteúdo estomacal. Estudo de caso: *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801) – Teleóstei, Acanthuridae – na Reserva Biológica do Atol das Rocas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói. 72p.

Araujo, S.A.; Gurgel, H.C.B. & Nascimento, R.S.S. 2003. Indicadores do desenvolvimento gonadal e nutricional de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, Rio Grande do Norte, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Science*. 25:377-384.

Arévalo, R.; Pinedo, S. & Ballesteros, E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*. 55:104-113.

Ayling, A.L. 1978. The relation of food availability and food preferences to the field diet of an echinoid *Evechinus chloroticus* (Valenciennes). *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 33:223-235.

Azad, A.K. 2011. Factors influencing adult gonad production and larval growth and survival of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*). Tese de Doutorado. The University of British Columbia, Vancouver. 181p.

Azad, A.K.; Pearce, C.M. & McKinley, R.S. 2011. Effects of diet and temperature on ingestion , absorption, assimilation, gonad yield and gonad quality of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*). *Aquaculture*. 317:187-196.

Barnes, D.K.A. & Crook, A.C. 2001. Quantifying behavioural determinants of the coastal European sea-urchin *Paracentrotus lividus*. *Marine Biology*, 138:1205-1212.

Beddingfield, S.D. & McClintock, J.B .1994. Enviromentally-induced catastrophic mortality of the sea urchin *Lytechinus variegatus* in shallow sea grass habitats of St. Joseph Bay, Florida. *Bulletin of Marine Science*. 55:235-240.

Beddingfield, S.D. & McClintock, J.B. 1998. Differential survivorship, reproduction, growth and nutrient allocation in the regular echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck) fed natural diets. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 226(2):195-215.

Beddingfield, S.D. & McClintock, J.B. 2000. Demographic characteristics of *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Echinodermata) from three habitats in a north Florida Bay, Gulf of Mexico. *Marine Ecology*. 21:17-40.

Begon, M.; Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2007. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4ª Edição. Artmed. 752pp.

Benchimol, M.F. 2007. Gestão de unidades de conservação marinhas: em estudo de caso da área de proteção ambiental da Baía de Paraty – RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 113 p.

Bertocci, I.; Dominguez, R.; Freitas, C. & Sousa-Pinto, I. 2012. Patterns of variation of intertidal species of commercial interest in the Parque Litoral Norte (north Portugal) MPA: comparison with three reference shores. *Marine Environmental Research*. 77:60-70.

Bianco, E.M.; Teixeira, V.L. & Pereira, R.C. 2010. Chemical defenses of the tropical marine seaweed *Canistrocarpus cerviconis* against herbivory by sea urchin. *Brazilian Journal of Oceanography*. 58(3):213-218.

Blunt, J.W.; Copp, B.R.; Hu, W.P.; Munro, M.H.G.; Northcote, P.T. & Prinsep, M.R. 2009. Marine natural products. *Natural Product Reports*. 26:170-244.

Bolser, R.C. & Hay, M.E. 1996. Are tropical plants better defended? Palatability and defenses of temperate vs. tropical seaweeds. *Ecology*. 77(8):2269-2286.

Booolootian, R.A. & Lasker, R. 1964. Digestion of brown algae and the distribution of nutrients in the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 11:273-289.

Borges, R. & Peixoto, A.L. 2009. Conhecimento e uso de plantas em uma comunidade caiçara do litoral sul do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 23:769-779.

Bowen, S.H. 1996. Quantitative description of the diet. In: Murphy, B.R.; Willis D.W. (eds) *Fisheries Techniques*. 2nd ed. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland:513-531.

Brändle, M.; Prinzing, A.; Pfeifer, R. & Brandl, R. 2002. Dietary niche breadth for central European birds: correlations with species-specific traits. *Evolutionary Ecology Research*. 4:643-657.

Brito, L.V.R.; Széchy, M.T.M. & Cassano, V. 2002. Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao terminal marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ. *Atlântica*. 24(1):17-26.

Brues, C.T. 1920. The selection of food-plants by insects, with special reference to Lepidopterous larvae. *The American Naturalist*. 54(633):313-32.

Cameron, R.A. 1986. Reproduction, larval occurrence and recruitment in caribbean sea urchins. *Bulletin of Marine Science*. 39(2):332-346.

Camp, D.K.; Cobb, S.P.; Van Breedveld, J.F. 1973. Overgrazing of seagrasses by a regular urchin “*Lytechinus variegatus*”. *Bioscience*. 23(1):37-38.

Carpenter, R.C. 1981. Grazing by *Diadema antillarum* (Philippi) and its effects on the benthic algal community. *Journal of Marine Research*. 39:749-765.

Carpenter, R.C. 1988. Mass mortality of a Caribbean sea urchin: immediate effects on community metabolism and other herbivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 85(2):511-514.

Chesson, J. 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology*. 59(2):211-215.

Chiappone, M., Swanson, D.W. & Miller, S.L. 2002. Density, spatial distribution and size structure of sea urchins in Florida Keys coral reef and hard bottom habitats. *Marine Ecology Progress Series*. 235: 117–126.

Cobb, J. & Lawrence, J.M. 2005. Diets and coexistence of the sea urchin *Lytechinus variegatus* and *Arbacia punctulata* (Echinodermata) along the central Florida gulf coast. *Marine Ecology Progress Series*. 295: 171–182.

Cock, M.J.W. 1978. The assessment of preference. *Journal of Animal Ecology*. 47(3):805-816.

Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 54:726-738.

Cronin, G.; Paul, V.J.; Hay, M.E. & Fenical, W. 1997. Are tropical herbivores more resistant than temperate herbivores to seaweed chemical defenses? diterpenoid metabolites from *Dictyota acutiloba* as feeding deterrents for tropical versus temperate fishes and urchins. *Journal of Chemical Ecology*. 23(2):289-302.

Crook, A.C.; Long, M. & Barnes, D.K.A. 2000. Quantifying daily migration in the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 80:177-178.

Cunningham, A. 2008. The reproductive cycle of *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea) from the Florida panhandle. Tese de doutorado. Universidade do Alabama, Birmingham. 179p.

De Jong-Westman, M.; March, B.E. & Carefoot, T.H. 1995. The effect of different nutrient formulations in artificial diets on gonad growth in the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canadian Journal of Zoology*. 73:1495-1502.

Domenici, P.; González-Calderón, D. & Ferrari, R.S. 2003. Locomotor performance in the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 83:285-292.

Dumont, C.P.; Drolet, D.; Deschênes, I. & Himmelman, J.H. 2007a. Multiple factors explain the covering behavior in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Animal Behaviour*. 73:979-986.

Dumont, C.P.; Himmelman, J.H. & Robinson, S.M.C. 2007b. Random movement pattern of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal of the Experimental Biology and Ecology*. 340(1):80-89.

Dumont, C.P.; Himmelman, J.H. & Russell, M.P. 2006. Daily movement of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in different subtidal habitats in eastern Canada. *Marine Ecology Progress Series*. 317:87-99.

Durães, R. & Marini, M.A. 2005. A quantitative assessment of bird diets in the Brazilian atlantic forest, with recommendations for future diet studies. *Ornitologia Neotropical*. 16:65-83.

Dustan P. and Halas, J.C. 1987. Changes in the reef coral community of Carysfort reef, Key Largo, Florida: 1974 to 1982. *Coral Reefs*. 6:91-106.

Ebert, T.A. 1980. Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation. *Bulletin of Marine Science*. 30:467-474.

Ebert, T.A. 2007. Growth and survival of postsettlement sea urchins. *In*. Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Lawrence, J.M. (ed.). Vol. 37. Elsevier Science, Amsterdam: 95-134.

Eisen, A. & Inoue, S. 1979. Temperature-dependent timing of mitosis and cleavage in *Lytechinus variegatus*. *Biological Bulletin*. 157:367-368.

Emlen, J.M. 1966. The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist*. 100(916):611-617.

Espinoza, R.A.; Reyes, J.L.; Himmelman, J.H. & Lodeiros, C. 2008. Actividad reproductiva de los erizos *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) en relación con factores ambientales en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 56(3):341-350.

Estes, J.A. & Duggins, D.O. 1995. Sea otters and kelp forests in Alaska: generality and variation in a community ecological paradigm. *Ecological Monographs*. 65(1):75-100.

Eston, V.R.; Migotto, A.E.; Oliveira Filho, E.C.; Rodrigues, S.A. & Freitas, J.C. 1986. Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha archipelago (Brazil). *Boletim do Instituto Oceanográfico*. 34:37-53.

Fernandez, C. & Boudouresque, C.F. 2000. Nutrition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) fed different artificial food. *Marine Ecology Progress Series*. 204:131-141.

Fernandez, C.; Caltagirone, A. & Johnson, M. 2001. Demographic structure suggests migration of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a coastal lagoon. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 81:361-362.

Figueiredo, M.A.O.; Barreto, M.B.B. & Reis, R.P. 2004. Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da Área de Proteção Ambiental do Cairuçu, Parati, RJ – subsídios para futuros monitoramentos. *Revista Brasileira de Botânica*. 27:11-17.

Figueiredo, M.A.O. 1989. Ficoflora marinha bentônica do município de Paraty, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 221pp.

Garnick, E. 1978. Behavioral Ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller) (Echinodermata: Echinoidea). [*Oecologia*](#). 37:77-84.

Gaspar, A.G. 2000. Abundancia de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en la isla de Cubagua, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 48:125-131.

George, S.B.; Lawrence, J.M.; Lawrence, A.L.; Smiley, J. & Plank, L. 2001. Carotenoids in the adult diet enhance egg and juvenile production in the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Aquaculture*. 199(3-4):353-369.

Gestinari, L.M.S.; Nassar, C.A.G. & Arantes, P.V.S. 1998. Algas marinhas bentônicas da reserva biológica estadual da praia do sul, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 12(1):67-76.

Gibbs, V.K.; Watts, S.A.; Lawrence, A.L. & Lawrence, J.M. 2009. Dietary phospholipids affect growth and production of juvenile sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Aquaculture*. 292:95-103.

Gomes, L.J.; Carmo, M.S. & Santos, R.F. 2004. Conflitos de interesse em unidades de conservação do município de Parati, Estado do Rio de Janeiro. *Informações Econômicas, SP*. 34:7-17.

Gonor, J.J. 1972. Gonad growth in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson) (Echinodermata: Echinoidea) and the assumptions of gonad index methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 10: 89-103.

González, E. 1996. Thalassorama territorial use rights in chilean fisheries. *Marine Resource Economics*. 11:211-218.

Greenway, M. 1995. Trophic relationships of macrofauna within a Jamaican seagrass meadow and the role of the echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck). *Bulletin of Marine Science*. 56(3):719-736.

Grisolía, J.M.; López, F. & Ortúzar, J.D. 2012. Sea urchin: from plague to market opportunity. *Food Quality and Preference*. 25:46-56.

Guimaraens, M.A. & Coutinho, R. 1996. Spatial and temporal variation of benthic marine algae at the Cabo Frio upwelling region, Rio de Janeiro, Brazil. *Aquatic Botany*. 52:283-299.

Hammer, Ø; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletronica*. 4(1): 9pp.

Harold, C. & Reed, D.C. 1985. Food availability, sea urchin grazing and kelp forest community structure. *Ecology*. 66(4):1160-1169.

Hay, M.E. & Fenical, W. 1988. Marine plant-herbivore interactions: the ecology of chemical defense. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 19:111-145.

Hay, M.E. 1984. Predictable spatial escapes from herbivory: how do these affect the evolution of herbivore resistance in tropical marine communities? *Oecologia*. 64(3):396-407.

Hay, M.E.; Kappel, Q.E. & Fenical, W. 1994. Synergisms in plant defenses against herbivores: interactions of chemistry, calcification and plant quality. *Ecology*. 75(6):1714-1726.

Heck, K.L. & Valentine, J.F. 1995. Sea urchin herbivory: evidence for long-lasting effects in subtropical seagrass meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 189:205-217.

Hereu, B. 2004. Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. *Marine Ecology*. 26(1):54-62.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach content analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 17(4):411-429.

Jackson, A.C. & Rundle, S.D. 2008. Diet-shifts by an estuarine goby (*Pomatoschistus microps*) in the face of variable prey availability. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 361:1-7.

Jacobs, J. 1974. Quantitative measurement of food selection: a modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*. 14:413-417.

James, D.W. 2000. Diet, movement and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Marine Biology*. 137(5-6):913-923.

James, P.J.; Heath, P. & Unwin, M.J. 2007. The effect of season, temperature, and initial gonad condition on roe enhancement of the sea urchin *Evechinus chloroticus*. *Aquaculture*. 270(1-4):115-131.

Jardas, I.; Santic, M. & Pallaoro, A. 2004. Diet composition of the eagle ray, *Myliobatis aquila* (chondrichthyes: myliobatidae), in the eastern adriatic sea. *Cybiu*. 28(4):372-374.

Joly, A.B. 1965. Flora marinha do litoral norte do estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Botânica*. 21:5-393.

Jung-Mendaçolli S.L. & Bernacci L.C. 2001. Myrsinaceae da APA de Cairuçu, Parati (Rio de Janeiro, Brasil). *Rodriguésia*. 52:49-64.

Junqueira, A.O.R. 1998. Biologia populacional de *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) em habitats contrastantes do litoral do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Junqueira, A.O.R.; Ventura, C.R.R.; Carvalho, A.L.P.S. & Schmidt, A.J. 1997. Population recovery of the sea urchin *Lytechinus variegatus* in a seagrass flat (Araruama Lagoon, Brazil): the role of recruitment in a disturbed environment. *Invertebrate Reproduction & Development*. 31(1-3):143-150.

Kawamura, K. & Taki, J. 1965. Ecological studies on the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, on the coast of Funadomari in the north region of Rebun Island. *111. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta.* 4:22-40.

Kier, P.M. & Grant, R.E. 1965. Echinoid distribution and habits , Key Largo coral reef preserve, Florida. *Smithsonian misc. Collection* 149. 68 pp.

Klinger, T.S. & Lawrence, J.M. 1985. Distance perception of food and the effect of food quantity on feeding behavior of *Lytechinus variegatus*. *Marine Behaviour and Physiology*. 11:327-344.

Klinger, T.S.; Hsieh, H.L.; Pangallo, R.A.; Chen, C.P. & Lawrence, J.M. 1986. The effect of temperature on feeding, digestion and absorption of *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). *Physiological Zoology*. 59(3):332-336.

Lage, A.M.C.; Joyeux, J.C. & Gomes, L.C. 2011. Reprodução de *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea): efeito do ciclo lunar e características da população. *Acta Scientiarum Biological Science*. 33(3):341-346.

Lares, M.T. & Pomory, C.M. 1998. Use of body components during starvation in *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea). *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 225(1):99-106.

Larson, B.R.; Vadas, R.L. & Keser, M. 1980. Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology*. 59(1):49-62.

Lawrence, J.M. 1975. The effect of temperature-salinity combinations on the functional well-being of adult *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (ECHINODERMATA, ECHINOIDEA). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 18:271-275.

Lawrence, J.M. 2000. Conflict between somatic and gonadal growth in sea urchins: a review. The Workshop on the Coordination of Green Sea Urchin Research in Atlantic Canada , Moncton, New Brunswick.
<http://nsgl.gso.uri.edu/flsgp/flsgpr00009.pdf>

Lawrence, J.M. 2001. The edible sea urchins: Biology and Ecology. 1sted. Amsterdam. Elsevier. Volume 32.

Lechowicz, M.J. 1982. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*. 52(1):22-30.

Leighton, D.L. 1966. Studies of food preference in algivorous invertebrates of southern California kelp beds. *Pacific Science*. 20:104-113.

Lessios, H.A. 1984. Annual reproductive periodicity in eight echinoid species on the Caribbean coast of Panama. *Proceedings of the Fifth International Echinoderm Conference*. 303-311.

Lima-Junior, S.E. & Goitein, R. 2001. A new method for the analysis of fish stomach contents. *Acta Scientiarum*. 23(2):421-424.

Littler, M.M.; Littler, D.S. & Taylor, P.R. 1983. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: functional-form groups of marine macroalgae. *Journal of Phycology*. 19(2):229-237.

Lowe, E.F. & Lawrence, J.M. 1976. Absorption efficiencies of *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) for selected marine plants. *Journal of Experimental marine Biology and Ecology*. 21:223-234.

Lubchenco, J. & Gaines, S.D. 1981. A unified approach to marine plant-herbivore interaction. I. populations and communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 12:405-437.

Lubchenco, J. 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *The American Naturalist*. 112(983):23-39.

Machado, F.L.S.; Kaiser, C.R.; Costa, S.S.; Gestinari, L.M. & Soares, A.R. 2010. Atividade biológica de metabólitos secundários de algas marinhas do gênero *Laurencia*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 20(3):441-52.

Maiorana, V.C. 1977. What kinds of plants do herbivores really prefer? *The American Naturalist*. 112(985):631-635.

Malizia, L.R. 2001. Seasonal fluctuations of birds, fruits and flowers in a subtropical forest of Argentina. *The Condor*. 103(1):45-61.

Manly, B.F.; McDonald, L.; Thomas, D.L.; McDonald, T.L.; Erickson, W.P. 2006. Resource Selection by Animals :Statistical Design and Analysis for Field Studies. 2nd ed., Springer, 240 pp.

Marinate, F.L.F.; Lemos, G.B.; Eutrópio, F.J. & Gomes, L.C. 2009. Biologia reprodutiva de *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) na Praia da Costa, Vila Velha, Espírito Santo. *Zoologia*. 26(4):641-646.

Marins, B.V.; Brasileiro, P.S.; Barreto, M.B.B.; Nunes, J.M.C.; Yoneshigue-Valentim, Y. & Amado Filho, G.M. 2008. Subtidal benthic marine algae of the Todos os Santos bay, Bahia state, Brazil. *Oecologia Brasiliensis*. 12(2):229-242.

Mattison, J.E.; Trent, J.D.; Shanks, A.L.; Akin, T.B. & Pearse, J.S. 1976. Movement and feeding activity of red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. *Marine Biology*. 39(1):25-30.

McCarthy, D.A. & Young, C.M. 2002. Gametogenesis and reproductive behavior in the echinoid *Lytechinus variegatus*. *Marine Ecology Progress Series*. 233:157-168.

McClanahan, T.R.; Nugues, M. & Mwachireya, S. 1994. Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 184(2):237-254.

McConnell, O.J. Hughes, P.A.; Targett, N.M. & Daley, J. 1982. Effects of secondary metabolites from marine algae on feeding by the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Journal of Chemical Ecology*. 8(12):1437-1453.

Meidel, S.K. & Scheibling, R.E. 1999. Effects of food type and ration on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology*. 134:155-166.

Mendes, C.L.T. & Tavares, C.M. 2006. The relation of algal availability and food preferences in the field diet of the echinoid *Echinometra lucunter* on a rocky shore in southeast Brazil. *Journal of Coastal Research*. Special Issue 39:1197-1201.

Menge, B.A.; Farrell, T.M.; Olson, A.M.; Van Tamelen, P. & Turner, T. 1993. Algal recruitment and the maintenance of a plant mosaic in the low intertidal region on the Oregon coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 170:91-116.

Meyrick, E. 1927. Hereditary choice of food-plants in the Lepidoptera and its evolutionary significance. *Nature*. 119(2993):388.

Minor, M.A. & Scheibling, R. E. 1997. Effects of food ration and feeding regime on growth and reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus droebrachiensis*. *Marine Ecology*. 129:159-167.

Moore, H.B. & Lopez, N.N. 1972. Factors controlling variation in the seasonal spawning pattern of *Lytechinus variegatus*. *Marine Biology*. 14(4):275-280.

Moore, H.B. & McPherson, B.F. 1965. A contribution to the study of the productivity of the urchins *Tripneustes esculentus* and *Lytechinus variegatus*. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*. 15(4):855-871.

Moore, H.B.; Jutare, T.; Bauer, J.C. & Jones, J.A. 1963a. The biology of *Lytechinus variegatus*. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*. 13:23-53.

Moore, H.B.; Jutare, T.; Jones, J.A.; McPherson, B.F. & Roper, C.F.E. 1963b. A contribution to the biology of *Tripneustes esculentus*. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*. 13(2):267-281.

Norris, J.N. & Fenical, W. 1982. Chemical defenses in tropical marine algae. In K. Rutzler and I.G. Macintyre editors. The Atlantic Barrier Reef Ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*. 12:417-431.

Ogden, N.B.; Ogden, J.C. & Abbott, I.A. 1989. Distribution, abundance and food of sea urchins on a leeward hawaiian reef. *Bulletin of Marine Science*. 45(2):539-549.

Oliveira Filho, E.C. & Ugadim, Y. 1976. A survey of the marine algae of Atol das Rocas (Brazil). *Phycologia*. 15(1):41-44.

Oliveira, M. 1991. Survival of seaweeds ingested by three species of tropical sea urchins from Brazil. *Hydrobiologia*. 222(1):13-17.

Paine, R.T. & Vadas, R.L. 1969. The effects of grazing by sea urchin *Strongylocentrotus* spp., on benthic algal populations. *Limnology and Oceanography*. 14(5):710-719.

Paul, V.J. & Fenical, W. 1986. Chemical defense in tropical green algae, order Caulerpales. *Marine Ecology Progress Series*. 34: 157-169.

Pearce, C.M.; Daggett, T.L. & Robinson, S.M.C. 2004. Effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*. 233(1-4):337-367.

Pearse, J.S. & Arch, S.W. 1969. The aggregation behavior of *Diadema* (Echinodermata, Echinoidea). *Micronésica*. 5:165-171.

Pedrini, A.G. 1980. Algas marinhas bentônicas da Baía de Sepetiba e arredores (Rio de Janeiro). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 397pp.

Pennings, S.C.; Siska, E.L. & Bertness, M.D. 2001. Lattitudinal differences in plant palatability in atlantic coast salt marshes. *Ecology*. 82(5):1344-1359.

Pereira, R.C.; Da Gama, B.A.P.; Teixeira, V.L. & Yoneshigue-Valentin, Y. 2003. Ecological roles of natural products of the brazilian red seaweed *Laurencia obtusa*. *Brazilian Journal of Biology*. 63(4):665-672.

Pérez, E.M. & Bulla, L. 2000. Dietary relationships among four granivorous doves in Venezuelan savannas. *Journal of Tropical Ecology*. 16:865-882.

Peterson, B.J.; Rose, C.D.; Rutten, L.M. & Fourqurean, J.W. 2002. Disturbance and recovery following catastrophic grazing: studies of a successional chronosequence in a seagrass bed. *Oikos*. 97(3):361-370.

Petrides, G.A. 1975. Principal foods versus preferred foods and their relations to stocking rate and range conditions. *Biological Conservation*. 7:161-169.

Pinotti, B.T.; Naxara, L. & Pardini, R. 2011. Diet and food selection by small mammals in an old growth Atlantic forest of southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 46(1):1-9.

Pisut, D.P. 2004. The distance chemosensory behavior of the sea urchin *Lytechinus variegatus*. Dissertação de Mestrado. Georgia Institute of Technology, Georgia. 51p.

Poorbagher, H.; Lamare, M.D. & Barker, M.F. 2010. Effects of nutrition on somatic growth and reproductive strategy of the sea urchin *Pseudechinus huttoni*. *Marine Biology Research*. 6(3):292-301.

Prado, P. & Heck Jr., K.L. 2011. Seagrass selection by omnivorous and herbivorous consumers: determining factors. *Marine Ecology Progress Series*. 429:45-55.

Querol, M,V.M.; Querol, E. & Gomes, N.N.A. 2002. Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon*. *Iheringia, Série Zoologia*. 92:79-84.

Quijano, S.M. & Gaspar, A.G. 2005. Ciclo reproductivo de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en el sur de isla Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 53(3):305-312.

Richardson, C.M.; Lawrence, J.M. & Watts, S.A. 2011. Factors leading to cannibalism in *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea) held in intensive culture. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 399:68-75.

Rivera, J.A. & Vicente, V.P. 1975. Aspects of the ecology and ethology of *Lytechinus variegatus* in Jobos Bay, Puerto Rico. *Proceedings of the Association of Island Marine Laboratories of the Caribbean*. 11:13.

Rodríguez, S.R. 2003. Consumption of drift kelp by intertidal populations of the sea urchin *Tetrapygus niger* on the central Chilean coast: possible consequences at different ecological levels. *Marine Ecology Progress Series*. 251:141-151.

Rosso, S. 1990. Estrutura de comunidades intermareais de substrato consolidado das proximidades da Baía de Santos (SP, Brasil): uma abordagem descritiva enfatizando aspectos metodológicos. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 216 pp.

Russo, A.R. 1977. Water flow and the distribution and abundance of echinoids. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 28:693-702.

Russo, A.R. 1979. Dispersion and food differences between two populations of the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Journal of Biogeography*. 6:407-414.

Scheibling, R.E.; Hennigar, A.W. & Balch, T. 1999. Destructive grazing , epiphytism and disease: the dynamics of sea urchin – kelp interactions in Nova Scotia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 56:2300-2314.

Scheibling, R.E.; Kelly, N.E. & Raymond, B.G. 2009. Herbivory and community organization on a subtidal cobble bed. *Marine Ecology Progress Series*. 382:113-128.

Serbent, M.P.; Periago, M.E. & Laynaud, G.C. 2010. *Mazama gouazoubira* (Cervidae) diet during the dry season in the arid Chaco of Córdoba (Argentina). *Journal of Arid Enviroments*. 75:87-90.

Sharp, D.T. & Gray, I.E. 1962. Studies on factors affecting the local distribution of two sea urchins, *Arbacia punctulata* and *Lytechinus variegatus*. *Ecology*. 43:309-313.

Siikavuopio, S.I. 2009. Green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*, Muller) in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth. Tese de Doutorado. Universidade de TromsØ. 56p.

Siikavuopio, S.I.; Christiansen, J.S. & Dale, T. 2005. Effects of temperature and season on gonad growth and feed intake in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*. 255:389-394.

Silva, M.A. 1999. Diet of common dolphins, *Delphinus delphis*, off the Portuguese continental coast. *Journal of Marine Biology of the Association of the United Kingdom*. 79:531-540.

Snelling, R.O. 1941. Resistance of plants to insect attack. *The Botanical Review*. 7(10):543-586.

Sotka, E.E.; Wares, J.P. & Hay, M.E. 2003. Geographic and genetic variation in feeding preference for chemically defended seaweeds. *Evolution*. 57(10):2262-2276.

Souza, C.F.; Oliveira A.S. de & Pereira, R.C. 2008. Feeding preference of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) on seaweeds. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56:239-247.

Sumi, C.B.T. & Scheibling, R.E. 2005. Role of grazing by sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in regulating the invasive alga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* in Nova Scotia. *Marine Ecology Progress Series*. 292:203-212.

Tegner, M.J. & Dayton, P.K. 1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in a kelp forest. *Marine Ecology Progress Series*. 5:255-268.

Tirasin, E.M. & Jorgensen, T. 1999. An evaluation of the precision of diet description. *Marine Ecology Progress Series*. 182:243-252.

Tuya, F.; Martin J.A. & Luque, A. 2004. Patterns of nocturnal movement of the long spined sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) in Gran Canaria (The Canary Islands, Central East Atlantic Ocean). *Helgoland Marine Research*. 58(1):26-31.

Uieda, V.S. & Pinto, T.L.F. 2011. Feeding selectivity of ichthyofauna in a tropical stream: space-time variations in trophic plasticity. *Community Ecology*. 12(1):31-39.

Unger, B. & Lott, C. 1994. In situ studies of the aggregation behavior of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* Lam. (Echinodermata: Echinoidea). *In. Echinoderms Through Time*. Bruno, DA, Guile A, Feral JP, Roux, M. (eds). Rotterdam: Balkema:913-919.

Vadas, R.L. 1977. Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecological Monographs*. 47(4):337-371.

Vadas, R.L.; Beal, B.; Dowling, T. & Fegley, J.C. 2000. Experimental field tests of natural algal diets on gonad index and quality in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*: a case for rapid summer production in post-spawned animals. *Aquaculture*. 182:115-135.

Vadas, R.L.; Fenchel. T. & Ogden J.C. 1982. Ecological studies of the sea urchin *Lytechinus variegatus* and the algal sea grass communities of the Miskito Cays, Nicaragua. *Aquatic Botany*, 14:109-125.

Vaitilingon, D.; Rasolofonirina, R. & Jangoux, M. 2003. Feeding preferences, seasonal gut repletion indices, and diel feeding patterns of the sea urchin *Tripneustes gratilla* (Echinodermata: Echinoidea) on a coastal habitat off Toliara (Madagascar). *Marine Biology*. 143:451-458.

Valentine, J.F. & Heck, K.L. 1991. The role of sea urchin grazing in regulating subtropical seagrass meadows: evidence from field manipulations in the

northern Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 154:215-230.

Van Alstyne, K.L.; Ehlig, J.M. & Whitman, S.L. 1999. Feding preferences for juvenile and adult algae depend on algal stage and herbivore species. *Marine Ecology Progress Series*. 180:179-85.

Van Heezik, Y. & Davis, L. 1990. Effects of food variability on growth rates, fledging sizes and reproductive success in the yellow-eyed penguin *Megadyptes antipodes*. *Ibis*. 132(3): 354-365.

Vance, R.R. 1979. Effects of grazing by the sea urchin *Centrostephanus coronatus* on prey community composition. *Ecology*. 60(3):537-546.

Watts, S.A.; Hofer, S.C.; Desmond, R.A.; Lawrence, A.L. & Lawrence, J.M. 2011. The effect of temperature on feeding and growth characteristics of the sea urchin *Lytechinus variegatus* fed a formulated feed. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. 397:188-195.

Watts, S.A.; McClintock, J.B. & Lawrence, J.M. 2007. Ecology of *Lytechinus*. In. *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Lawrence, J.M. (ed.). Vol. 37. Elsevier Science, Amsterdam: 473-497.

Westoby, M. 1974. An Analysis of Diet Selection by Large Generalist Herbivores. *The American Naturalist*. 108(961): 290-304.

Yokoya, N.S.; Plastino, E.M.; Braga, M.R.A.; Fujii, M.T.; Cordeiro-Marino, M.; Eston, V.R. & Harari, J. 1999. Temporal and spatial variations in the

structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*. 22(2):195-204.