



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

MANOELA COSTA BRANDÃO

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS LARVAS DE
DECAPODA DO ARQUIPÉLAGO DE
SÃO PEDRO E SÃO PAULO**

**Florianópolis/SC
2010**

MANOELA COSTA BRANDÃO

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS LARVAS DE
DECAPODA DO ARQUIPÉLAGO DE
SÃO PEDRO E SÃO PAULO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora:

Profa. Dra. Andrea Santarosa Freire

**Florianópolis/SC
2010**

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

B817v Brandão, Manoela Costa

Variação espaço-temporal das larvas de Decapoda do Arquipélago de São Pedro e São Paulo [dissertação] / Manoela Costa Brandão ; orientadora, Andrea Santarosa Freire. - Florianópolis, SC, 2010.

120 p.: il., grafs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

Inclui referências

1. Ecologia. 2. Larva. 3. Decapoda. 4. Composição. 5. Distribuição. 6. Ilhas Oceânicas. I. Freire, Andrea Santarosa. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDU 577.4

“Variação espaço-temporal das larvas de Decapoda do Arquipélago de São Pedro e São Paulo”

por

MANOELA COSTA BRANDÃO

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (Port. 06/PPGECO/2010) do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - UFSC, composta pelos Professores Doutores:

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Andrea Santarosa Freire (UFSC)

Prof. Dr. José Henrique Muelbert (FURG)

Prof. Dr. Ralf Schwamborn (UFPE)

Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Florianópolis, 29 de março de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades permitidas.

Aos meus pais e a minha irmã pela compreensão, interesse e incentivo. À Fê por ter tido paciência e disposição de revisar a dissertação. Obrigada por toda ajuda e apoio que vocês sempre me dão!

A minha orientadora pelo tempo e atenção dedicados a mim durante todo o período do mestrado. Obrigada por ter me incentivado em tantas oportunidades de crescimento. Foi uma experiência muito positiva e enriquecedora mais essa etapa!

À Déa pela grande ajuda na identificação das larvas, por ter me fornecido todo seu material, inclusive seus preciosos resumos, fichas de identificação e fotos das larvas. Tudo isso foi fundamental para o desenvolvimento desse trabalho! Obrigada também pelas sugestões na dissertação e pela participação nos artigos.

Aos parceiros do Laboratório de Crustáceos e Plâncton que estiveram presentes em parte ou ao longo de todo o tempo em que estive no mestrado (Luis, Matheus, Babi, Jana, Mari Teschima, Mari Aguiar, Helô, Chuck, Ju, Gabi, Mara, Diego, Gala, Tammy e Diogo), que fizeram do laboratório um lugar agradável e divertido e me ajudaram em muitos momentos. À Mari Aguiar, Ju, Mara, Gala e Diogo pela triagem das amostras. À Mara pela disposição e eficiência em providenciar o que estivesse faltando no laboratório. Ao Luis pela amizade e companheirismo no laboratório, pela confecção dos mapas e plotagem dos pontos de coleta, pela ajuda com os programas de estatística e por se mostrar sempre tão prestativo e disposto a ajudar no que fosse preciso! Ao Matheus pelo apoio durante o estágio docência, pela ajuda com as fotos e por divertir o laboratório com suas histórias cômicas!

A minha turma do mestrado e a todos os professores envolvidos no mestrado em Ecologia da UFSC.

Aos meus amigos que acompanharam essa etapa e me ajudaram muito com suas palavras de incentivo e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina (SED), através do programa de bolsas do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior (FUMDES), pela concessão das bolsas de mestrado.

RESUMO

Larvas de Decapoda estão entre os principais componentes do zooplâncton marinho, podendo representar até mais de 50% da biomassa planctônica total. O presente trabalho visa avaliar o efeito do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) na distribuição da comunidade de larvas de Decapoda. As amostras foram coletadas em oito expedições, entre abril de 2003 e julho de 2005, na enseada e em quatro distâncias em relação ao arquipélago, de dia e à noite, através de arrastos horizontais na superfície, com rede de 200 μm . Nas quatro últimas expedições foram identificados 46 táxons da ordem Decapoda e 6 da ordem Stomatopoda. A enseada e as águas ao redor do arquipélago caracterizaram duas comunidades de larvas distintas, a primeira representada por larvas iniciais de espécies bentônicas (e.g. *Grapsus grapsus*, *Plagusia depressa* e *Platypodiella spectabilis*) e a segunda representada principalmente por larvas de Sergestidae. Larvas de *G. grapsus* foram amostradas em todas as expedições, apresentando valores de abundância de até 8.000 larvas $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$, porém só foram encontradas larvas no primeiro estágio larval. Larvas de *Sergestes edwardsi* foram identificadas em todos os estágios de misis e apresentaram valores de abundância de até 35 larvas $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$. Os resultados sugerem a presença de um possível mecanismo de retenção larval no ASPSP para as espécies meroplanctônicas, enquanto as larvas de espécies holoplanctônicas são exportadas para a região oceânica ao redor do arquipélago.

Palavras-chave: larvas, Decapoda, composição, distribuição, ilhas oceânicas.

ABSTRACT

Decapod larvae are one of the main components of marine zooplankton, at times comprising more than 50% of the planktonic biomass. The present study aims to evaluate the effect of Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA) on the distribution of decapod larvae community. Samples were taken during eight expeditions, between April 2003 and July 2005, inside the inlet and in four distances around the archipelago, in the morning and at night, by horizontal surface hauls, using a 200 μm mesh net. During the last four expeditions 46 decapod taxa and 6 stomatopod taxa were identified. The inlet and waters surrounding the archipelago constituted two different larval communities, the first one represented by initial stages of benthic species (e.g. *Grapsus grapsus*, *Plagusia depressa* and *Platypodiella spectabilis*) and the second one represented mainly by Sergestidae larvae. *Grapsus grapsus* larvae were sampled in all expeditions, presenting abundance values up to 8,000 larvae $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$, but only first stage larvae were found. *Sergestes edwardsi* larvae were identified in all mysis stages and presented abundance values up to 35 larvae $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$. The results suggest that a possible mechanism of larval retention occurs in SPSPA for meroplanktonic species, while larvae from holoplanktonic species are exported into oceanic waters around the archipelago.

Keywords: larvae, Decapoda, composition, distribution, oceanic islands.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) em relação às demais ilhas oceânicas, costa da América do Sul e da África. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares. 25
- Figura 2** - Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) mostrando a localização das ilhotas e da enseada. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares. 25
- Figura 3** - Representação esquemática das correntes do Atlântico Sul acima de 100 m: Corrente de Falkland (CF); Corrente do Brasil; Corrente do Atlântico Sul; Corrente das Agulhas (CA) e sua retroflexão; Corrente de Benguela; Corrente Sul Equatorial (CSE), com as ramificações norte (CSEN), equatorial (CSEE), central (CSEC) e sul (CSES); Contra Corrente Sul Equatorial (CCSE); Sub-Corrente Sul Equatorial (SCSE); Giro de Angola; Sub-Corrente Equatorial (SCE); Corrente Norte do Brasil (CNB); Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE); e Corrente da Guiné (CG). Modificado de Stramma & England (1999)..... 26
- Figura 4** - Localização das 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto ao longo das oito expedições. 27

3 CAPÍTULO 1:

- Figura 3. 1** - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) em relação às demais ilhas oceânicas, costa da América do Sul e da África. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares. 39
- Figura 3. 2** - Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) mostrando a localização das ilhotas e da enseada. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares. 39
- Figura 3. 3** - Variação dos parâmetros ambientais (média e erro padrão) coletados no ASPSP, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) interação da temperatura, (B) variação temporal da salinidade e (C) variação nictemeral da salinidade..... 43
- Figura 3. 4** - Abundância (média e erro padrão) de larvas de Decapoda coletadas no mar aberto, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação espacial e (B) interação. 44
- Figura 3. 5** - Abundância (média e erro padrão) de larvas de Decapoda coletadas na enseada, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste

- de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação temporal e (B) variação nictemeral..... 45
- Figura 3. 6** - Abundância relativa dos grupos taxonômicos coletados na enseada e nas diferentes distâncias em relação ao ASPSP (D1, D2, D3 e D4), em dezembro, novembro, janeiro, maio e julho, de dia e à noite. 47
- Figura 3. 7** - Abundância (média e erro padrão) de larvas coletadas na enseada, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) interação para Grapsidae sp. 3, (B) variação temporal para *Grapsus grapsus* e (C) variação nictemeral para *Grapsus grapsus*. 48
- Figura 3. 8** - Abundância (média e erro padrão) de larvas de Stomatopoda coletadas na enseada e no mar aberto, ilustrando os resultados da ANOVA. E: enseada..... 50
- Figura 3. 9** - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Dendrobranchiata e Caridea identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho no mar aberto..... 52
- Figura 3. 10** - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Palinura, Stomatopoda e Brachyura identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho no mar aberto. 53
- Figura 3. 11** - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Dendrobranchiata, Caridea, Palinura e Stomatopoda identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho na enseada..... 54
- Figura 3. 12** - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Brachyura identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho na enseada..... 55
- Figura 3. 13** - Diagrama da análise de ordenação multidimensional realizado com a média das réplicas e com todos os táxons identificados. Nov: novembro, Dez: dezembro, Jan: janeiro, Mai: maio, Jul: julho, Ens: enseada, d: dia, n: noite..... 56
- Figura 3. 14** - Dendrograma de agrupamento das amostras realizado com a média das réplicas e com todos os táxons identificados, usando o método de agrupamento da média por grupo e como coeficiente de distância a similaridade de Bray-Curtis. Nov: novembro, Dez: dezembro, Jan: janeiro, Mai: maio, Jul: julho, Ens:

enseada, d: dia, n: noite. Linha pontilhada representa a zona de corte (nível de similaridade = 12%).	57
Figura 3. 15 - Curva de acumulação de espécies para as amostras coletadas (A) no mar aberto e (B) na enseada.	59
Figura 3. 16 - Variação temporal e nictemeral do número, diversidade e equitabilidade de espécies coletadas no mar aberto e na enseada. ..	59
Figura 3. 17 - Diagrama fatorial resultante da análise de correspondência canônica, mostrando a distribuição dos táxons coletados no mar aberto e na enseada com frequência de ocorrência igual ou superior a 10% em função dos meses, períodos do dia e valores de temperatura, salinidade, batimetria e distância em relação ao ASPSP.	60

4 CAPÍTULO 2:

Figura 4. 1 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) em relação às demais ilhas oceânicas, costa da América do Sul e da África. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.	78
Figura 4. 2 - Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) mostrando a localização das ilhotas e da enseada. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.	78
Figura 4. 3 - Localização das 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto ao longo das oito expedições, mostrando os locais das coletas diurnas e noturnas.....	79
Figura 4. 4 - Variação dos parâmetros ambientais (média e erro padrão) coletados no ASPSP, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) interação da temperatura e (B) interação da salinidade.....	82
Figura 4. 5 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de <i>Grapsus grapsus</i> coletadas na enseada (Ens) e em todas as distâncias (D1, D2, D3 e D4) de dia e à noite em todos os meses de coleta. Números indicam o total de réplicas (n). Letras indicam o resultado do teste de Tukey para as amostras coletadas à noite (letras diferentes representam médias significativamente diferentes).	83
Figura 4. 6 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de <i>Grapsus grapsus</i> coletadas à noite no mar aberto, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação temporal e (B) variação espacial.	84

Figura 4. 7 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de <i>Grapsus grapsus</i> coletadas na enseada, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação temporal e (B) variação nictemeral.	85
Figura 4. 8 - Distribuição da abundância de larvas de <i>Grapsus grapsus</i> (larvas · 100 m ⁻³) nas 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto.	86
Figura 4. 9 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de <i>Sergestes edwardsi</i> coletadas na enseada (Ens) e em todas as distâncias (D1, D2, D3 e D4) de dia e à noite em todos os meses de coleta. Números indicam o total de réplicas (n).....	87
Figura 4. 10 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de <i>Sergestes edwardsi</i> coletadas na enseada (E) e no mar aberto (1: D1, 3: > D3), ilustrando os resultados da ANOVA.	88
Figura 4. 11 - Distribuição da abundância de larvas de <i>Sergestes edwardsi</i> (larvas · 100 m ⁻³) nas 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto.	88

LISTA DE TABELAS

3 CAPÍTULO 1:

- Tabela 3. 1** - Resultado da ANOVA de 2 fatores para temperatura e salinidade da água, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 88..... 42
- Tabela 3. 2** - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de Decapoda coletadas no mar aberto, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 32..... 43
- Tabela 3. 3** - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de Decapoda coletadas na enseada, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 16. ... 44
- Tabela 3. 4** - Estágio de desenvolvimento larval, frequência de ocorrência (FO) e abundância relativa (AR) das larvas de Decapoda e Stomatopoda identificadas no mar aberto e na enseada. Estágios iniciais: de I a III; avançados: de IV em diante. 46
- Tabela 3. 5** - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de alguns grupos e táxons coletadas na enseada, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 16. 48
- Tabela 3. 6** - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de alguns grupos e táxons coletadas no mar aberto, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 32. 49
- Tabela 3. 7** - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de alguns grupos e táxons coletadas na enseada e no mar aberto, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 48..... 50
- Tabela 3. 8** - Resultado da análise de similaridade baseada nos grupos (A, B, C e D) formados na Figura 3.13. * $p < 0,05$ 56
- Tabela 3. 9** - Resultado da análise de espécies indicadoras baseada nos grupos formados na Figura 3.13, mostrando somente os táxons que apresentaram valores significativos ($p < 0,05$). 58
- Tabela 3. 10** - Abundância de larvas de Decapoda (larvas · 100 m⁻³) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e em outras regiões oceânicas e costeiras. * Abundância de larvas de crustáceos. 63

4 CAPÍTULO 2:

- Tabela 4. 1** - Resultado da ANOVA de 2 fatores para temperatura e salinidade da água, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 176..... 81
- Tabela 4. 2** - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas à noite no mar aberto, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 32..... 83
- Tabela 4. 3** - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas na enseada, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 28..... 85
- Tabela 4. 4** - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de *Sergestes edwardsi* coletadas na enseada e no mar aberto, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$. Graus de liberdade do erro: 84..... 87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS	23
2 MATERIAIS E MÉTODOS	24
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
2.2 AMOSTRAGEM E PROCESSAMENTO	26
2.3 ANÁLISE DE DADOS	30
2.3.1 Análise de dados do Capítulo 1.....	30
2.3.2 Análise de dados do Capítulo 2.....	34
3 CAPÍTULO 1 - Larvas de Decapoda como indicadoras de dois ambientes distintos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Equatorial): enseada e mar aberto.....	35
4 CAPÍTULO 2 - Dois padrões de distribuição de larvas de Decapoda no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: <i>Grapsus grapsus</i> (Linnaeus, 1758) e <i>Sergestes edwardsi</i> Krøyer, 1855.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
ANEXOS.....	105
Anexo 1 - Data e horário das coletas.	105
Anexo 2 - Fotos ilustrativas de alguns táxons identificados.....	106
Anexo 3 - Número de larvas e adultos de Decapoda e Stomatopoda identificados nas expedições 172, 176, 183 e 187, referentes aos meses de novembro/dezembro de 2004, janeiro, maio e julho de 2005, respectivamente.	109
Anexo 4 - Inventário dos táxons identificados.	110
Anexo 5 - Nomenclatura adotada no presente trabalho e comumente utilizada para as fases pelágicas do ciclo de vida da subordem Dendrobranchiata, das infraordens Caridea, Palinura e Brachyura e da ordem Stomatopoda.	115
Anexo 6 - Referências usadas na identificação dos táxons.....	116

1 INTRODUÇÃO

Larvas planctônicas são fases imaturas de vida livre que ocorrem no ciclo de vida de invertebrados e vertebrados. Elas possuem morfologia diferente do adulto e através de uma metamorfose completam seu desenvolvimento (Fell, 1997). Segundo Williamson (1992), elas ocorrem em um período pós-embrionário do desenvolvimento do animal.

No ciclo de vida dos crustáceos das ordens Decapoda e Stomatopoda está presente ao menos uma fase larval. Os Decapoda pelágicos, ou seja, que vivem durante todo o seu ciclo de vida no plâncton, são considerados holoplanctônicos. Os Decapoda bentônicos e todos os Stomatopoda são considerados meroplanctônicos, pois apresentam apenas as fases larvais no plâncton.

A ordem Decapoda é subdividida em duas subordens: Dendrobranchiata e Pleocyemata. Os Dendrobranchiata liberam os ovos fecundados no meio ambiente e a primeira fase larval é conhecida como náuplio, enquanto os Pleocyemata têm cuidado parental com os ovos e a forma náupliar é embrionária. Aos Dendrobranchiata pertencem as superfamílias Penaeoidea (camarões peneídeos) e Sergestoidea (camarões sergestídeos). Aos Pleocyemata pertencem os camarões das infraordens Stenopodidea e Caridea, os lagostins da infraordem Astacidea, os camarões fantasma da infraordem Thalassinidea, as lagostas da infraordem Palinura, os ermitões da infraordem Anomura e os caranguejos da infraordem Brachyura.

Os indivíduos da ordem Stomatopoda, conhecidos como tamarutacas, apresentam o primeiro estágio larval bentônico ou pelágico e todos os estágios subseqüentes pelágicos. Quando adultos, habitam o ambiente bentônico, bem como a maior parte dos Decapoda, vivendo em fendas de rochas ou em buracos escavados no leito marinho. Embora os Stomatopoda sejam um grupo menos diverso e abundante que os Decapoda, tradicionalmente estas duas ordens são estudadas juntas em trabalhos de ecologia, tanto bentônica quanto pelágica (e.g. Holthuis et al., 1980; Holmquist et al., 1989; Kevrekidis & Galil, 2003; Poupin, 2008). Larvas de Stomatopoda funcionam como presas importantes de peixes planctívoros (Roger, 1994).

Larvas de Decapoda estão entre os principais componentes do zooplâncton marinho, podendo representar até mais de 50% da biomassa planctônica total (McConaughy, 1992), e desempenham um importante papel na alimentação do zooplâncton carnívoro e de peixes (Anger, 2001).

Para espécies economicamente importantes, a biologia larval traz informações cruciais para o desenvolvimento de técnicas de aquicultura e para o manejo da pesca sustentável (Anger, 2006). A partir de estudos sobre a composição, abundância e distribuição larval é possível obter informações sobre os adultos que habitam a região, o período reprodutivo e a ocorrência de dispersão ou retenção larval.

A presença de larvas de determinadas espécies em uma amostra de plâncton indica a presença das espécies adultas correspondentes na região (Boltovskoy, 1981). Já a presença do primeiro estágio larval indica que a reprodução ocorre no local (Anger, 2001).

A dispersão larval ocorre quando: (1) conforme aumenta o tempo e a distância a partir do estágio de eclosão larval e da população parental, os estágios larvais encontrados são mais desenvolvidos e (2) o primeiro estágio larval encontra uma corrente superficial que o afasta da população parental e quanto maior o afastamento da população parental, menos larvas são encontradas. Por outro lado, a presença de todos os estágios de desenvolvimento somente próximo ao ambiente parental ao longo da coluna de água indica que ocorre retenção larval. Estudos atuais sugerem cada vez mais que a retenção larval no hábitat natal é mais freqüente do que se suspeitava e, portanto, que as populações devem ser menos abertas (ou mais fechadas) do que se pensava originalmente (Sponaugle et al., 2002; Levin, 2006). A maior parte dos artigos publicados recentemente sobre dispersão enfatiza a retenção e tende a ignorar as larvas que não ficam retidas. Porém, mesmo que uma pequena porcentagem recrute em outro local, a significância desta porcentagem é grande para a conectividade (Levin, 2006).

Durante o período planctônico, as larvas estão expostas à variação de diversos fatores ecológicos, que influenciam suas chances de sobrevivência, desenvolvimento, dispersão e recrutamento (Anger, 2001). A abundância e distribuição das larvas de Decapoda no ambiente marinho são influenciadas por fatores como: temperatura, salinidade, luz, taxas de mortalidade de cada estágio, disponibilidade de alimento, migração vertical, distância em relação aos locais de desova, velocidade e direção das correntes e duração do período pelágico (e.g. Sastry, 1983; Anger, 2001; Queiroga & Blanton, 2005).

Larvas de Decapoda executam a migração vertical, principalmente a migração noturna. Esta ocorre quando as larvas descem para maiores profundidades durante o dia, evitando a exposição a predadores visuais, raios ultravioletas e parâmetros físico-químicos indesejados, e sobem para a superfície à noite em busca principalmente de alimento. A capacidade de controlar a posição vertical na coluna de

água permite, de certa forma, o controle da extensão e direção da dispersão horizontal (Queiroga & Blanton, 2005).

A duração do período pelágico, em conformidade com características ecofisiológicas, tais como tolerância a variações de temperatura e salinidade e disponibilidade de alimento, determina a capacidade de dispersão de uma espécie, não só em uma escala ecológica, mas também biogeográfica (Anger, 2006). Para espécies com fases planctônicas de longa duração, as larvas são capazes de atravessar barreiras oceânicas, inclusive entre continentes (Scheltema, 1986).

O transporte larval a longas distâncias foi registrado para lagostas Palinuridae, cuja fase de filosoma pode durar até dois anos (Bradford et al., 2005; George, 2005). Por outro lado, a grande maioria dos crustáceos passa por um período larval de duração intermediária, variando de semanas até meses (Thorson, 1950), cujas larvas alcançam distâncias que podem variar entre dezenas e centenas de quilômetros (Anger, 2006), sendo que o sistema de correntes superficiais revela-se como o de maior influência na dispersão das larvas.

A região que circunda o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) apresenta grande importância biológica e econômica para o Brasil. Além de ampliar a área oceânica brasileira, a realização de pesquisas científicas neste ambiente fornece ao país a oportunidade de gerenciar um local de posição geográfica estratégica, tendo em vista que o arquipélago faz parte da rota de peixes migratórios de alto valor econômico e constitui uma importante área pesqueira da Zona Econômica Exclusiva do Brasil (Monteiro et al., 1998; Campos et al., 2005). Em decorrência do isolamento geográfico, o ASPSP apresenta elevado grau de endemismo, o que ressalta a sua importância na conservação da biodiversidade (Campos et al., 2005).

Regiões que circundam ilhas oceânicas podem apresentar um aumento da produtividade primária e, conseqüentemente, da biomassa planctônica e das cadeias alimentares marinhas, fenômeno denominado efeito-ilha (Doty & Oguri, 1956). Poucos estudos relacionados aos mecanismos envolvidos neste fenômeno, como concentração de clorofila, ressurgência, vórtices e contribuições dos processos bentônicos, foram desenvolvidos na região do ASPSP, além de permanecerem como relatórios não publicados e indisponíveis. Travassos et al. (1999) analisaram a influência das correntes e da topografia na estrutura termohalina ao redor de montes submarinos e ilhas do nordeste brasileiro, enquanto Becker (2001) estudou a hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas da mesma região. Apesar da escassez destes dados, Macedo-Soares et al. (2010) registraram que a

abundância zooplânctônica no local é superior à encontrada na costa nordeste brasileira (Cavalcanti & Larrazábal, 2004) e na costa oeste equatorial africana (Champalbert et al., 2005).

Dentre as espécies de crustáceos que podem ter suas populações geograficamente isoladas nas ilhas do Atlântico Tropical, está *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758). *Grapsus grapsus* é um caranguejo Grapsidae e é uma espécie chave no ecossistema supralitoral. Esta espécie domina a macrofauna bentônica das rochas emersas do ASPSP (Holthuis et al., 1980), dependendo exclusivamente deste ambiente para se reproduzir e tendo como meio de dispersão apenas as correntes marinhas superficiais.

Na região oceânica do Atlântico Tropical, a caracterização do zooplâncton foi descrita na cadeia de montanhas submarinas Vitória-Trindade (Schutze et al., 1990) e no Atol das Rocas (Pinto et al., 1997). Champalbert et al. (2005) estudaram a variação espacial e temporal do zooplâncton numa região a oeste da África. Góes (2006) e Rudorff et al. (2009) estudaram a distribuição de larvas de lagostas na região costeira e oceânica do nordeste do Brasil. Landeira et al. (2010) investigaram a variação espacial de larvas de invertebrados (com ênfase em larvas de Decapoda) das Ilhas Canárias e regiões adjacentes.

No ASPSP, Díaz (2007) descreveu a estrutura da comunidade zooplânctônica, comparando duas estações de coleta, uma na enseada e outra na parte externa do arquipélago, a aproximadamente 80 m de distância da enseada. Macedo-Soares et al. (2010) estudaram a composição do zooplâncton na enseada e em diferentes distâncias em relação ao arquipélago. Koettker (2008) e Koettker et al. (2010) analisaram a composição, abundância e distribuição das larvas de Decapoda e Stomatopoda, revelando que a riqueza de espécies é maior do que a registrada para a região através de trabalhos realizados com adultos.

Escalas temporais maiores e o aumento do número de amostras são importantes para a verificação de padrões. Cada vez mais tem sido dada importância a estudos de comunidade que apresentam amostragens com séries temporais longas.

Os dados obtidos no presente trabalho foram utilizados para testar as seguintes hipóteses:

1. Existem duas comunidades de larvas de Decapoda no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: uma na enseada e outra ao redor do mesmo;
2. Devido à homogeneidade local de temperatura e salinidade não ocorre variação temporal na abundância e composição das larvas;

3. As larvas de *Grapsus grapsus* apresentam retenção larval, expressa pelo desenvolvimento completo desta espécie na região próxima à da população parental e pela ausência de estágios subsequentes ao de eclosão nos pontos amostrais mais afastados da população parental.

1.1 OBJETIVOS

Geral

Estudar a composição e a distribuição das larvas de Decapoda da enseada e das águas ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com ênfase no caranguejo *Grapsus grapsus*.

Específicos

- Quantificar a abundância e descrever a composição das larvas em função da variação: espacial (na enseada e nas quatro distâncias em relação ao arquipélago), temporal (ao longo de quatro meses de coleta, distribuídos em um ano) e nictemeral (nos dois períodos do dia);
- Associar os dados abióticos com a abundância e a composição das larvas;
- Estudar a espécie dominante de cada um dos dois ambientes (enseada e águas ao redor do arquipélago) ao longo de oito meses de coleta (distribuídos em dois anos).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O ASPSP é um dos menores e mais isolados grupos de ilhas oceânicas do mundo, sendo o único arquipélago oceânico brasileiro no Hemisfério Norte. É constituído por dez ilhotas e várias pontas de rochas, cobrindo uma área de aproximadamente 16.000 m². Localiza-se no Oceano Atlântico Equatorial, nas proximidades da Cordilheira Meso-Atlântica (0°55'N e 29°21'W), a aproximadamente 500 km do arquipélago mais próximo (Fernando de Noronha), 1.000 km da costa brasileira e 1.890 km do Senegal, na costa africana (Figura 1). As rochas que constituem o ASPSP se elevam de profundidades abissais, aproximadamente 4.000 m, até poucos metros acima da superfície (Edwards & Lubbock, 1983a; Edwards & Lubbock, 1983b; Feitoza et al., 2003).

As quatro maiores ilhotas (Belmonte, São Paulo, São Pedro e Barão de Teffé) estão separadas por pequenos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre 4 e 25 m (Feitoza et al., 2003) (Figura 2). Na ilha Belmonte, que apresenta a maior área emersa, foram construídos um farol e uma estação científica que abriga os pesquisadores que participam do programa de pesquisas científicas no local.

As principais correntes que atuam no ASPSP são a Corrente Sul Equatorial, com a sua ramificação equatorial (CSEE) e a Sub-Corrente Equatorial (SCE). A CSEE flui no sentido leste-oeste, alcança velocidades de até 5,6 km · h⁻¹ ao passar pelo arquipélago e carrega águas superficiais vindas do Golfo da Guiné e da região de Cabo Verde e Serra Leoa. A SCE flui no sentido contrário a CSEE, apresenta velocidade média de 2,5 km · h⁻¹ e é originária da Corrente Norte do Brasil (CNB), carregando águas de profundidades ente 40 e 150 m (Edwards & Lubbock, 1983b) (Figura 3).

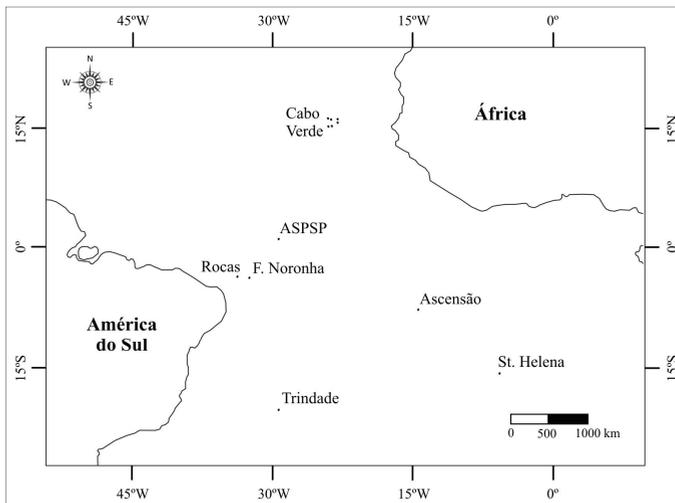


Figura 1 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) em relação às demais ilhas oceânicas, costa da América do Sul e da África. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.

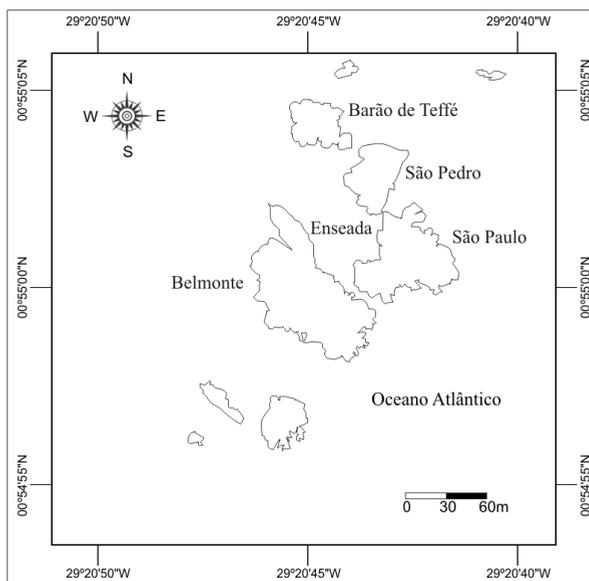


Figura 2 - Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) mostrando a localização das ilhotas e da enseada. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.

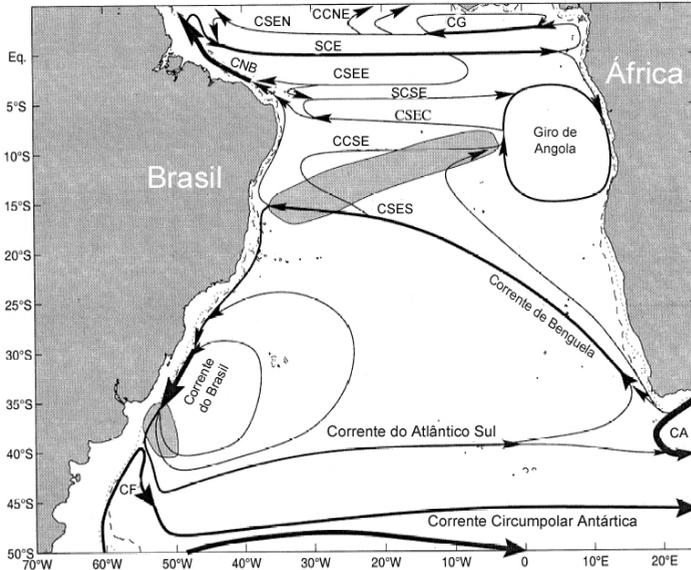


Figura 3 - Representação esquemática das correntes do Atlântico Sul acima de 100 m: Corrente de Falkland (CF); Corrente do Brasil; Corrente do Atlântico Sul; Corrente das Agulhas (CA) e sua retroflexão; Corrente de Benguelas; Corrente Sul Equatorial (CSE), com as ramificações norte (CSEN), equatorial (CSEE), central (CSEC) e sul (CSES); Contra Corrente Sul Equatorial (CCSE); Sub-Corrente Sul Equatorial (SCSE); Giro de Angola; Sub-Corrente Equatorial (SCE); Corrente Norte do Brasil (CNB); Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE); e Corrente da Guiné (CG).
Modificado de Stramma & England (1999).

2.2 AMOSTRAGEM E PROCESSAMENTO

Entre abril de 2003 e julho de 2005 foram realizadas oito expedições ao ASPSP: em abril, agosto e novembro de 2003; março e novembro/dezembro de 2004; janeiro, maio e julho de 2005 (Anexo 1). Em cada uma das expedições foram realizados 18 arrastos de plâncton em quatro distâncias em relação à ilha Belmonte, com o mesmo número de réplicas de dia (durante a manhã) e à noite (céu escuro). A partir de agosto de 2003 foram coletadas amostras na enseada, 3 de dia e 3 à noite, somando 24 amostras por expedição e 186 amostras no total.

As amostras coletadas ao redor do ASPSP foram denominadas mar aberto. Embora correspondam à mesma expedição, os meses de novembro e dezembro de 2004 foram separados em algumas análises,

pois as amostras do mar aberto foram coletadas no final de novembro, enquanto as da enseada, no início de dezembro.

O desenho amostral inicial pretendia a obtenção de amostras em três diferentes distâncias em relação ao ASPSP. Ao serem plotadas as coordenadas geográficas de cada ponto de coleta foi possível agrupar as amostras do mar aberto em quatro diferentes distâncias em relação ao ASPSP: D1 (< 500 m); D2 (entre 501 e 1.200 m); D3 (entre 1.201 e 2.000 m) e D4 (> 2.001 m) (Figura 4). A plotagem das coordenadas geográficas e verificação da distância de cada ponto de coleta em relação à ilha Belmonte foram realizadas através dos softwares GPS TrackMaker e Golden Software Surfer 8. Foi atribuída a mesma coordenada geográfica (latitude e longitude) para todas as amostras coletadas na enseada.

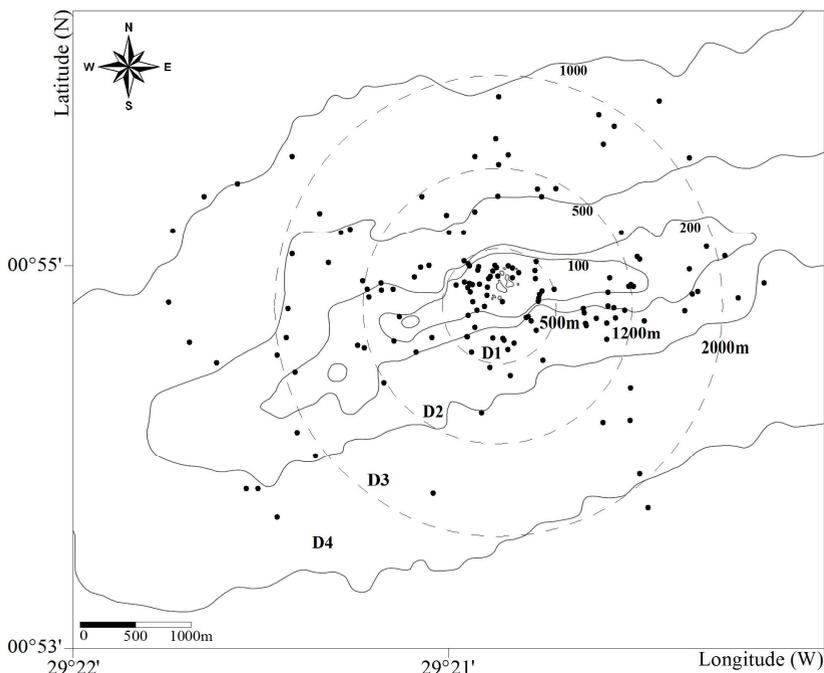


Figura 4 - Localização das 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto ao longo das oito expedições.

Os arrastos de plâncton de 10 minutos foram horizontais e na superfície, realizados com uma rede cônico-cilíndrica de 50 cm de diâmetro de boca e 200 μ m de malha, com fluxômetro General

Oceanics[®] acoplado. Em cada estação de coleta foram registrados dados de temperatura (termômetro) e salinidade (refratômetro) superficiais e as coordenadas de latitude e longitude (GPS). As amostras foram imediatamente fixadas em solução de formaldeído diluído em água do mar com concentração final de aproximadamente 4%, tamponado com tetraborato de sódio e acondicionadas em frascos plásticos etiquetados.

As amostras foram triadas no Laboratório de Crustáceos e Plâncton do Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Cada amostra foi transferida para água corrente antes do processamento para evitar o contato com o formaldeído. Para a identificação das larvas de Decapoda e Stomatopoda foram utilizados um microscópio estereoscópio Nikon[®] Type 104 e um microscópio ótico Studarlab[®], com os aumentos máximos de 6,3 e 100 vezes, respectivamente. Alguns táxons identificados foram fotografados com uma câmera fotográfica Canon Power Shot A95, acoplada a um microscópio estereoscópio Carl Zeiss[®] Stemi 2000-C ou a um microscópio estereoscópio Nikon[®] Type 104 (Anexo 2).

Algumas amostras foram subamostradas com o Subamostrador de Folsom (McEwan et al., 1954) antes da triagem em frações que variaram de 1/2 até 1/32. Nas amostras em que ainda assim a abundância das zoés de Brachyura foi muito alta (mais de 300 larvas) foi realizada outra subamostragem antes da identificação. Nestes casos, as zoés de Brachyura de cada amostra foram diluídas em um Becker de 200 mL com água, o conteúdo foi homogeneizado e as zoés foram retiradas aleatoriamente, com a utilização de um instrumento em forma de concha com volume interno de 10 mL adaptado para a subamostragem, até alcançarem entre 100 e 200 indivíduos. Estes foram identificados e com o total de cada táxon obtido estimou-se o número relativo para a amostra inteira. Foram identificadas 8.133 larvas no presente trabalho (Anexo 3).

A maior parte das larvas foi identificada através da análise de caracteres morfológicos externos, seguindo a literatura pertinente para cada grupo. As zoés de Brachyura, quando necessário, foram dissecadas sob microscópio estereoscópio e depois levadas ao microscópio ótico. A identificação destas larvas foi feita a partir da observação das seguintes características: relação do comprimento dos espinhos da carapaça (dorsal, rostral e laterais); relação do comprimento do espinho rostral e da antena; número de cerdas do endópodo da maxila; número de cerdas do endópodo e do protopodo da maxílula; número de cerdas da base do endópodo dos maxilípedes (primeiro e segundo); presença de processos dorso ou pósteros laterais nos somitos abdominais; e presença de espinhos no telso. Koettker (2008) apresentou uma revisão das

características das zoés de Brachyura da maior parte das espécies já descritas, disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21131/tde-24062008-111151/>. Para a separação das zoés de Brachyura nos diferentes estágios larvais foi levado em consideração o número de cerdas dos maxilípedes.

Para as larvas de Dendrobranchiata, a separação dos estágios de protozoé foi feita com base na posição dos olhos (dentro ou fora da carapaça) e pela presença ou ausência de urópodes, enquanto os estágios de misis foram separados em função do grau de desenvolvimento dos pleópodes. O estágio das filosomas de Palinura foi determinado a partir da observação do pedúnculo ocular. Para as zoés de Stomatopoda, a classificação nos diferentes estágios larvais foi feita conforme Manning & Provenzano, 1963 e Provenzano & Manning, 1978.

Alguns táxons identificados representam apenas uma espécie (sp.), enquanto outros podem se tratar de duas ou mais espécies (spp.). Em alguns casos, diferentes estágios de desenvolvimento foram separados em diferentes morfotipos, principalmente quando a identificação em nível específico foi possível somente em determinados estágios de desenvolvimento larval, como no caso dos Sergestidae, cuja identificação específica só foi possível no estágio de zoé. Os demais estágios foram separados em diferentes morfotipos: Sergestidae spp. 1 (protozoés I), *Sergestes* spp. 1 e *Sergestes* spp. 2 (protozoés II e III do grupo Dohrni e Ortmanni, respectivamente, segundo Gurney & Lebour, 1940) e Sergestidae spp. 2 (decapoditos). Apesar desta separação, diferentes morfotipos podem representar a mesma espécie e, por isso, não foram considerados em algumas análises estatísticas. Para os Luciferidae, a identificação em nível específico só foi possível para indivíduos adultos. As larvas de Luciferidae foram classificadas em *Lucifer* spp. 1 (misis I e II) e *Lucifer* spp. 2 (decapoditos). Neste estudo, a fase larval de náuplio, presente no ciclo de vida dos Dendrobranchiata, não foi quantificada. Os indivíduos identificados na fase adulta (*Lucifer typus* H. Milne Edwards, 1837, *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 e *Alpheus* spp.) não foram considerados em nenhum dos resultados. O inventário dos táxons identificados pode ser observado no Anexo 4. A nomenclatura adotada para as fases larvais pelágicas dos grupos identificados no presente trabalho está relacionada no Anexo 5. O estágio de desenvolvimento larval de cada indivíduo identificado foi discriminado.

As identificações foram baseadas em artigos de descrição do desenvolvimento larval em laboratório, chaves de identificação e livros (Anexo 6). As larvas não identificadas em nível específico foram

classificadas seguindo a mesma seqüência numérica (e.g. Xanthidae sp. 1, Grapsidae sp. 3) usada por Koettker (2008) e Koettker et al. (2010) para que os dados pudessem ser comparados.

As larvas da ordem Stomatopoda, embora tenham ocorrido em pequena proporção nas amostras, foram incluídas ao total de larvas de Decapoda. Foram quantificadas separadamente em algumas análises, nas quais foram separadas em larvas de Stomatopoda ou ainda nos morfotipos identificados.

O primeiro capítulo do presente trabalho refere-se à análise dos dados das expedições realizadas em novembro/dezembro de 2004, janeiro, maio e julho de 2005. O segundo capítulo se refere à análise dos dados de todas as oito expedições, para as larvas de duas espécies (*Grapsus grapsus* e *Sergestes edwardsi* Krøyer, 1855). Os resultados referentes aos demais táxons ao longo das expedições de abril, agosto e novembro de 2003 e março de 2004 já foram apresentados por Koettker (2008) e Koettker et al. (2010).

Cada um dos dois capítulos foi escrito na forma de artigo científico, seguindo as normas da revista a que será submetido posteriormente. Algumas exceções às regras das revistas foram feitas, como o idioma e a alocação das figuras e tabelas no corpo do texto.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

A abundância de larvas foi padronizada em função do volume de água filtrada em cada arrasto, obtido através da seguinte equação:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot F \cdot \Delta \text{rotação}$$

onde:

V = volume de água filtrada (m³);

r = raio da rede (0,25 m);

F = fator de aferição do fluxômetro (0,026873);

Δ rotação = número de rotações do fluxômetro.

O número de indivíduos por 100 m³ de água filtrada foi calculado pela divisão do número de indivíduos encontrados no volume filtrado do respectivo arrasto, e posterior multiplicação por 100.

2.3.1 Análise de dados do Capítulo 1

A abundância relativa (AR) e a freqüência de ocorrência (FO) de

cada táxon identificado foram determinadas separadamente para as amostras coletadas no mar aberto (72 amostras) e na enseada (24 amostras) através das equações:

$$AR = s \cdot 100/S$$

onde:

AR = abundância relativa (%);

s = número total de indivíduos de determinado táxon;

S = número total de indivíduos.

$$FO = n \cdot 100/N$$

onde:

FO = frequência de ocorrência (%);

n = número de amostras contendo determinado táxon;

N = número total de amostras.

A análise de variância (ANOVA) de 2 fatores foi usada para investigar o efeito do mês e período do dia na temperatura e salinidade da água da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo, e na abundância total de larvas e dos principais táxons da enseada. A fim de verificar o efeito da distância, mês e período do dia na abundância total de larvas e dos principais táxons do mar aberto, a ANOVA de 3 fatores foi usada. Para alguns táxons, a ANOVA de 3 fatores foi usada pra investigar o efeito da distância, mês e período do dia na abundância de larvas da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo. Os dados biológicos foram transformados em $\log(x+1)$ para atender as premissas da ANOVA. A normalidade da distribuição dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilks. Este teste tem sido preferido ao teste de Kolmogorov-Smirnov pela sua capacidade de adaptação a uma variada gama de problemas sobre avaliação de normalidade (Arango, 2005). A homogeneidade das variâncias foi testada pelo teste de Bartlett. Nos casos em que as premissas não foram atendidas, as conclusões da ANOVA só foram aceitas nos casos em que o nível de significância foi menor que 0,01 (Ramos et al., 2006). Posteriormente, nos casos significativos, o teste de Tukey for foi usado para determinar quais médias eram significativamente diferentes (Zar, 1996; Underwood, 2006). Estes testes foram realizados no programa STATISTICA 7. Para estas análises só foram consideradas as distâncias D1 e > D3 (amostras coletadas em D3 e D4), para que o número de réplicas fosse igual. Foram realizados

histogramas integrando ou separando os fatores, de acordo com os resultados da ANOVA e do teste de Tukey.

Foi realizada uma análise de ordenação das amostras por escalonamento multidimensional (MDS) e uma análise de agrupamento, para verificar a similaridade entre as amostras coletadas no mar aberto e na enseada, utilizando-se todos os dados. A similaridade das amostras foi calculada através da distância de Bray-Curtis e o agrupamento foi realizado pelo método da média ponderada (Valentin, 2000; Legendre & Legendre, 2006). As análises foram realizadas no programa PRIMER 6 Beta. Os dados não foram transformados para nenhuma destas análises. O stress, que varia de 0 a 1, expressa o quanto a configuração representa os dados. A configuração que melhor se ajusta aos dados é a que apresenta menor valor de stress (Kruskal, 1964). Ao apresentar valor de stress $< 0,2$ o MDS deve ser combinado com o cluster, verificando-se a adequação e consistência mútua de ambas as representações (Clarke & Warwick, 2001).

Para verificar a existência de diferenças significativas entre os grupos formados na análise de agrupamento, foi realizada uma análise de similaridade (ANOSIM) unifatorial, através do programa PRIMER 6 Beta. Em seguida, foi realizada uma análise de espécies indicadoras (ISA) com os grupos que foram considerados significativamente diferentes ($p < 0,05$). Para esta análise o programa PC-ORD foi utilizado.

Para avaliar a influência das variáveis ambientais, dos meses, da distância de amostragem e do período do dia na distribuição dos dados biológicos, foi realizada a análise de correspondência canônica (ACC). O programa utilizado foi o Canoco for Windows. Só foram considerados nesta análise os táxons com frequência de ocorrência igual ou superior a 10%. Os dados biológicos foram transformados em raiz quadrada. A planilha de dados biológicos incluiu a abundância média das réplicas de cada táxon identificado para cada combinação de mês, distância e período do dia. A planilha das variáveis ambientais incluiu a média das réplicas para os valores de temperatura, salinidade, distância e batimetria. Nesta mesma planilha foi atribuído o valor de 0 ou 1, conforme o mês e o período do dia. A correlação canônica é a relação linear entre as variáveis estatísticas. Se as variáveis se relacionarem de maneira não-linear, a relação não será capturada por correlação canônica. Quanto à normalidade, qualquer variável métrica pode ser acomodada a correlação canônica sem a suposição estrita de normalidade, embora esta condição seja desejável, pois pode permitir uma maior correlação entre as variáveis (Hair Jr. et al., 2005).

O esforço de coleta realizado no mar aberto e na enseada foi avaliado através das curvas de acumulação de espécies, elaboradas no programa EstimateS Win 8.00. Para as curvas foi utilizado como riqueza observada o índice de Mao Tao e o intervalo de confiança de 95%.

Os índices ecológicos calculados foram o número de espécies (S), a diversidade de Shannon-Wiener (H') e a equitabilidade de Pielou (J'). Os valores de abundância utilizados para o cálculo dos índices ecológicos foram obtidos através da média de cada táxon por mês de coleta e período do dia. O logaritmo utilizado no índice de diversidade foi o de base 2 (Krebs, 1998). O cálculo destes índices foi realizado no programa PRIMER 6 Beta.

A diversidade de Shannon-Wiener (H') considera a riqueza específica e a abundância relativa das espécies envolvidas (Krebs, 1998). É calculada pela seguinte equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

onde:

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener (bits · ind⁻¹);

S = número de espécies;

p_i = proporção da amostra contendo indivíduos da espécie i.

A equitabilidade de Pielou (J') foi utilizada para estimar uniformidade na distribuição dos indivíduos dentre as espécies. Este índice pode variar de 0 a 1 e o valor máximo seria assumido caso os indivíduos fossem distribuídos uniformemente entre as espécies (Begon et al., 2007). É calculada pela seguinte expressão:

$$J' = H' / \log_2 S$$

onde:

J' = equitabilidade de Pielou;

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener (bits · ind⁻¹);

S = número de espécies.

Para elaborar as curvas de acumulação de espécies, assim como para o cálculo dos índices ecológicos, só foram levados em consideração os táxons em nível específico ou que representam uma única espécie.

2.3.2 Análise de dados do Capítulo 2

Este capítulo integrou resultados obtidos por Koettker (2008) e Koettker et al. (2010) (dados referentes às larvas de *Grapsus grapsus* e *Sergestes edwardsi* coletadas em abril, agosto e novembro de 2003 e março de 2004) a resultados encontrados no presente trabalho (dados referentes às larvas de *G. grapsus* e *S. edwardsi*, coletadas em novembro/dezembro de 2004, janeiro, maio e julho de 2005).

A ANOVA de 3 fatores foi usada para avaliar o efeito da distância, mês e período do dia na abundância de larvas de *S. edwardsi* da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo. A ANOVA de 2 fatores foi usada para investigar o efeito do mês e período do dia na temperatura e salinidade da água da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo e na abundância de larvas de *G. grapsus* da enseada. A ANOVA de 2 fatores também foi usada para investigar o efeito da distância e mês na abundância de larvas de *G. grapsus* do mar aberto. A fim de verificar o efeito da distância na abundância de larvas de *G. grapsus* da enseada e do mar aberto coletadas à noite, a ANOVA de 1 fator foi usada. Os dados biológicos foram transformados em $\log(x+1)$. Os testes de Shapiro-Wilks e de Bartlett foram aplicados *a priori* e o de Tukey *a posteriori* (Zar, 1996; Underwood, 2006). Os testes foram realizados no programa STATISTICA 7.

Foram elaborados mapas de distribuição da abundância das larvas de *G. grapsus* e *S. edwardsi* no programa Golden Software Surfer 8, através da plotagem da abundância referente a cada ponto amostral.

3 CAPÍTULO 1 - Larvas de Decapoda como indicadoras de dois ambientes distintos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Equatorial): enseada e mar aberto

Artigo formatado para submissão segundo as regras da revista Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.

Larvas de Decapoda como indicadoras de dois ambientes distintos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Equatorial): enseada e mar aberto

Manoela Costa Brandão¹, Andrea Santarosa Freire¹ e Andréa Green Koettker²

¹Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina, 88010-970, Florianópolis, Brasil. ²Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 05508-120, São Paulo, Brasil.

*O conhecimento da variabilidade das comunidades zooplanctônicas (abundância e composição) em diferentes escalas espaço-temporais é fundamental para o conhecimento de sua dinâmica. Amostras de plâncton foram coletadas em quatro expedições (novembro/dezembro de 2004; janeiro, maio e julho de 2005) ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Os arrastos horizontais na superfície foram realizados na enseada e em quatro distâncias em relação ao arquipélago, de dia e à noite, com rede de 200 μm . Foram identificados 46 táxons. Larvas de *Sergia splendens* e de *Solenoceridae* foram registradas pela primeira vez no local. A abundância média larval variou de 14,5 a 967,8 larvas $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$ nas águas ao redor do arquipélago e de 11,5 a 14.451,2 larvas $\cdot 100 \text{ m}^{-3}$ na enseada. Amostras coletadas na distância mais próxima ao arquipélago apresentaram abundância significativamente superior em relação às demais distâncias. Na enseada não foi verificada diferença significativa entre os meses de coleta, mas sim entre os períodos do dia, sendo significativamente superior a abundância à noite. Larvas iniciais de *Grapsus grapsus*, *Plagusia depressa*, *Platypodiella spectabilis* e *Alpheidae* foram alguns dos principais representantes das águas da enseada, enquanto no entorno do arquipélago, larvas de *Sergestidae* foram as mais abundantes e freqüentes.*

Palavras-chave: larvas, Decapoda, composição, distribuição, ilhas oceânicas.

INTRODUÇÃO

A maioria dos invertebrados bentônicos produz larvas planctônicas. O tamanho da população adulta destes organismos

depende do sucesso no recrutamento de suas larvas. Dependendo da espécie, larvas podem permanecer de minutos até meses no plâncton antes de deixar a coluna de água e assentar no ambiente bentônico (Shanks et al., 2002).

Larvas de Decapoda estão entre os principais componentes do zooplâncton marinho, podendo representar até mais de 50% da biomassa planctônica total (McConaughy, 1992), e desempenham um importante papel na alimentação do zooplâncton carnívoro e de peixes (Anger, 2001).

Durante o período planctônico, as larvas estão expostas à variação de diversos fatores ecológicos, que influenciam suas chances de sobrevivência, desenvolvimento, dispersão e recrutamento (Anger, 2001). A abundância e distribuição das larvas de Decapoda no ambiente marinho são influenciadas por fatores como: temperatura, salinidade, luz, taxas de mortalidade de cada estágio, disponibilidade de alimento, migração vertical, distância em relação aos locais de desova, velocidade e direção das correntes e duração do período pelágico (e.g. Sastry, 1983; Anger, 2001; Queiroga & Blanton, 2005).

O conhecimento da variabilidade das comunidades zooplanctônicas (abundância e composição) em diferentes escalas espaço-temporais é fundamental para o conhecimento de sua dinâmica (Silva et al., 2003).

A região que circunda o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) apresenta grande importância biológica e econômica para o Brasil. Além de ampliar a área oceânica brasileira, a realização de pesquisas científicas neste ambiente fornece ao país a oportunidade de gerenciar um local de posição geográfica estratégica, tendo em vista que o arquipélago faz parte da rota de peixes migratórios de alto valor econômico e constitui uma importante área pesqueira da Zona Econômica Exclusiva do Brasil (Monteiro et al., 1998; Campos et al., 2005). Em decorrência do isolamento geográfico, o ASPSP apresenta elevado grau de endemismo, o que ressalta a sua importância na conservação da biodiversidade (Campos et al., 2005).

Díaz (2007) descreveu a estrutura da comunidade zooplanctônica, comparando duas estações de coleta, uma na enseada e outra na parte externa do arquipélago, a aproximadamente 80 m de distância da enseada. Macedo-Soares et al. (2010) estudaram a composição do zooplâncton na enseada e em diferentes distâncias em relação ao arquipélago. Koettker (2008) e Koettker et al. (2010) analisaram a composição, abundância e distribuição das larvas de Decapoda e Stomatopoda, revelando que a riqueza de espécies é maior do que a

registrada para a região através de trabalhos realizados com adultos.

Escalas temporais maiores e o aumento do número de amostras são importantes para a verificação de padrões. Cada vez mais tem sido dada importância a estudos de comunidade que apresentam amostragens com séries temporais longas.

O objetivo do presente estudo é investigar a composição e a variação temporal das larvas de Decapoda da enseada e do mar aberto do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O ASPSP é um dos menores e mais isolados grupos de ilhas oceânicas do mundo, sendo o único arquipélago oceânico brasileiro no Hemisfério Norte. É constituído por dez ilhotas e várias pontas de rochas, cobrindo uma área de aproximadamente 16.000 m². Localiza-se no Oceano Atlântico Equatorial, nas proximidades da Cordilheira Meso-Atlântica (0°55'N e 29°21'W), a aproximadamente 500 km do arquipélago mais próximo (Fernando de Noronha), 1.000 km da costa brasileira e 1.890 km do Senegal, na costa africana (Figura 3.1). As rochas que constituem o ASPSP se elevam de profundidades abissais, aproximadamente 4.000 m, até poucos metros acima da superfície (Edwards & Lubbock, 1983a; Edwards & Lubbock, 1983b; Feitoza et al., 2003).

As quatro maiores ilhotas (Belmonte, São Paulo, São Pedro e Barão de Teffé) estão separadas por pequenos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre 4 e 25 m (Feitoza et al., 2003) (Figura 3.2). Na ilha Belmonte, que apresenta a maior área emersa, foram construídos um farol e uma estação científica que abriga os pesquisadores que participam do programa de pesquisas científicas no local.

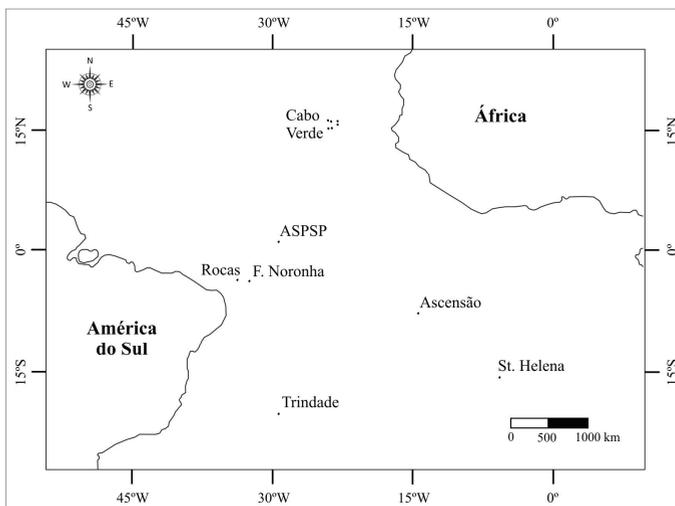


Figura 3. 1 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) em relação às demais ilhas oceânicas, costa da América do Sul e da África.
 Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.

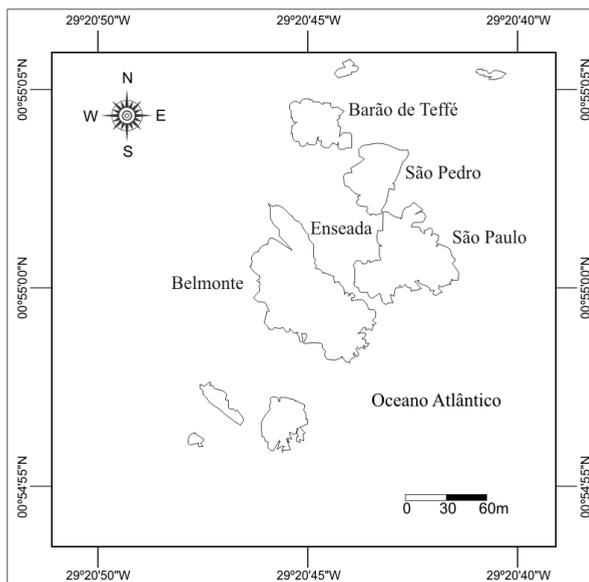


Figura 3. 2 - Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) mostrando a localização das ilhotas e da enseada. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.

Amostragem e processamento

Foram realizadas quatro expedições ao ASPSP: em novembro/dezembro de 2004; janeiro, maio e julho de 2005. Em cada expedição foram realizados 6 arrastos de plâncton na enseada e 18 em quatro distâncias em relação à ilha Belmonte, com o mesmo número de réplicas de dia (durante a manhã) e à noite (céu escuro), somando 24 amostras por expedição e 96 amostras no total. As amostras coletadas ao redor do ASPSP foram denominadas de mar aberto. Embora correspondam à mesma expedição, os meses de novembro e dezembro de 2004 foram separados em algumas análises, pois as amostras do mar aberto foram coletadas no final de novembro, enquanto as da enseada, no início de dezembro.

As amostras do mar aberto foram coletadas em quatro diferentes distâncias em relação ao ASPSP: D1 (< 500 m); D2 (entre 501 e 1.200 m); D3 (entre 1.201 e 2.000 m) e D4 (> 2.001 m).

Os arrastos de plâncton de 10 minutos foram horizontais e na superfície, realizados com uma rede cônico-cilíndrica de 50 cm de diâmetro de boca e 200 μ m de malha, com fluxômetro General Oceanics® acoplado. Em cada estação de coleta foram registrados dados de temperatura (termômetro) e salinidade (refratômetro) superficiais e as coordenadas de latitude e longitude (GPS). As amostras foram fixadas em formaldeído à concentração final de 4%, tamponado com tetraborato de sódio. Algumas amostras foram subamostradas com o Subamostrador de Folsom (McEwan et al., 1954) antes da triagem em frações que variaram de 1/2 até 1/32.

A identificação das larvas de Decapoda e Stomatopoda foi realizada seguindo a literatura pertinente para cada grupo, sob microscópio estereoscópio (Nikon® Type 104) e ótico (Studarlab®). As larvas não identificadas em nível específico foram classificadas seguindo a mesma seqüência numérica (e.g. Xanthidae sp. 1, Grapsidae sp. 3) usada por Koettker et al. (2010) para que os dados pudessem ser comparados. Larvas de Stomatopoda foram incluídas ao total de larvas de Decapoda.

Análise de dados

A abundância de larvas foi padronizada em função do volume de água filtrada em cada arrasto e expressa em larvas \cdot 100 m⁻³. A abundância relativa (AR) e a frequência de ocorrência (FO) de cada táxon identificado foram determinadas separadamente para as amostras

coletadas no mar aberto (72 amostras) e na enseada (24 amostras).

A análise de variância (ANOVA) de 2 fatores foi usada para investigar o efeito do mês e período do dia na temperatura e salinidade da água da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo, e na abundância total de larvas e dos principais táxons da enseada. A fim de verificar o efeito da distância, mês e período do dia na abundância total de larvas e dos principais táxons do mar aberto, a ANOVA de 3 fatores foi usada. Para alguns táxons, com ordem de grandeza de abundância semelhante em todas as distâncias, a ANOVA de 3 fatores foi usada pra investigar o efeito da distância, mês e período do dia na abundância de larvas da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo. Os dados biológicos foram transformados em $\log(x+1)$. Os testes de Shapiro-Wilks e de Bartlett foram aplicados *a priori* e o de Tukey *a posteriori* (Zar, 1996; Underwood, 2006). Os testes foram realizados no programa STATISTICA 7. Para estas análises só foram consideradas as distâncias D1 e > D3 (amostras coletadas em D3 e D4), para que o número de réplicas fosse igual.

Foi realizada uma análise de ordenação das amostras por escalonamento multidimensional (MDS) e uma análise de agrupamento, para verificar a similaridade entre as amostras coletadas no mar aberto e na enseada, utilizando-se todos os dados. A similaridade das amostras foi calculada através da distância de Bray-Curtis e o agrupamento foi realizado pelo método da média ponderada (Valentin, 2000; Legendre & Legendre, 2006). O dendrograma e o MDS foram realizados através do programa PRIMER 6 Beta e os dados não foram transformados. Ao apresentar valor de stress < 0,2 o MDS deve ser combinado com o cluster, verificando-se a adequação e consistência mútua de ambas as representações (Clarke & Warwick, 2001).

Para verificar a existência de diferenças significativas entre os grupos formados na análise de agrupamento, foi realizada uma análise de similaridade (ANOSIM) unifatorial, através do programa PRIMER 6 Beta. Em seguida, foi realizada uma análise de espécies indicadoras (ISA) com os grupos que foram considerados significativamente diferentes ($p < 0,05$). Para esta análise o programa PC-ORD foi utilizado.

Para avaliar a influência das variáveis ambientais, dos meses, da distância de amostragem e do período do dia na distribuição dos dados biológicos, foi realizada a análise de correspondência canônica (ACC). O programa utilizado foi o Canoco for Windows. Os dados biológicos foram transformados em raiz quadrada.

O esforço de coleta realizado no mar aberto e na enseada foi

avaliado através das curvas de acumulação de espécies, elaboradas no programa EstimateS Win 8.00. Para as curvas foi utilizado como riqueza observada o índice de Mao Tao e o intervalo de confiança de 95%.

Os índices ecológicos calculados foram o número de espécies (S), a diversidade de Shannon-Wiener (H') e a equitabilidade de Pielou (J'). Os valores de abundância utilizados para o cálculo dos índices ecológicos foram obtidos através da média de cada táxon por mês de coleta e período do dia. O logaritmo utilizado no índice de diversidade foi o de base 2 (Krebs, 1998). O cálculo destes índices foi realizado no programa PRIMER 6 Beta.

Para elaborar as curvas de acumulação de espécies, assim como para o cálculo dos índices ecológicos, só foram levados em consideração os táxons em nível específico ou que representam uma única espécie.

RESULTADOS

A temperatura média da água variou de 27,1°C em julho a 28,7°C em janeiro, sendo significativamente superior em janeiro de dia e inferior em julho de dia e à noite. A salinidade variou de 36,0 em maio a 37,7 em julho, sendo significativamente superior em julho, inferior em maio, e não apresentando diferença significativa entre os períodos do dia (Tabela 3. 1 e Figura 3.3).

Tabela 3. 1 - Resultado da ANOVA de 2 fatores para temperatura e salinidade da água, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 88.

	Temporal	Nictemeral	F1 x F2
Graus de liberdade	3	1	3
Temperatura	81,1**	9,8**	4,8**
Salinidade	30,5**	0,0 ^{ns}	1,3 ^{ns}

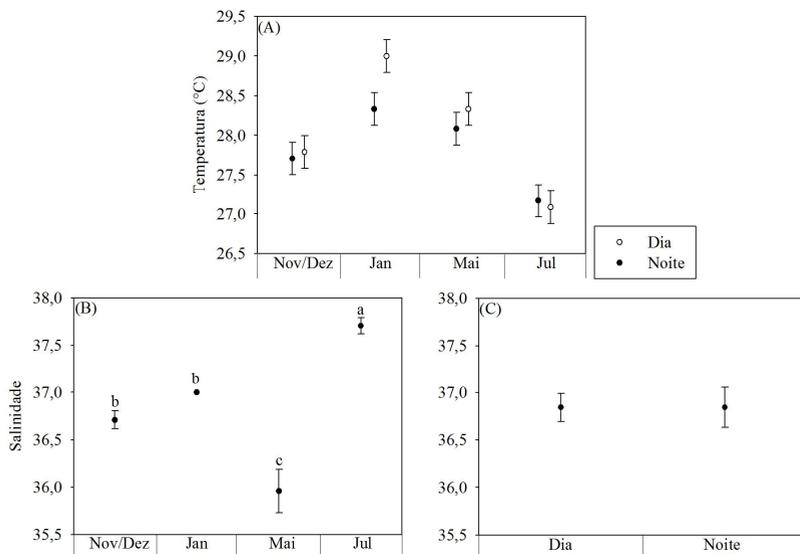


Figura 3.3 - Variação dos parâmetros ambientais (média e erro padrão) coletados no ASPSP, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) interação da temperatura, (B) variação temporal da salinidade e (C) variação nictemeral da salinidade.

O volume médio de água filtrada pela rede em todas as amostras foi de $66,0 \pm 2,0 \text{ m}^3$. Nas águas do mar aberto a abundância média de larvas de Decapoda variou de $14,5 \pm 3,6 \text{ larvas} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ em julho de dia a $967,8 \pm 335,0 \text{ larvas} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ em julho à noite. A ANOVA e o teste de Tukey mostraram que a abundância de larvas é significativamente superior nas amostras coletadas em D1. A interação entre os meses de coleta e os períodos do dia é resultante da diferença de padrão entre os períodos do dia: no período diurno quase não ocorre diferença entre os meses, enquanto à noite as abundâncias médias são bem maiores em maio e julho (Tabela 3.2 e Figura 3.4).

Tabela 3.2 - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de Decapoda coletadas no mar aberto, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 32.

	Temporal	Espacial	Nictemeral	F1 x F2	F1 x F3	F2 x F3	F1 x F2 x F3
Graus de liberdade	3	1	1	3	3	1	3
Total	13,9**	19,8**	70,4**	2,0 ^{ns}	4,7**	0,0 ^{ns}	2,3 ^{ns}

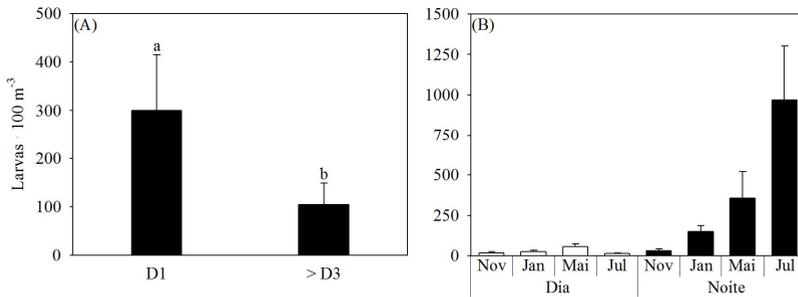


Figura 3. 4 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de Decapoda coletadas no mar aberto, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação espacial e (B) interação.

Na enseada a abundância média de larvas de Decapoda variou de $11,5 \pm 2,2$ larvas $100 \cdot m^{-3}$ em dezembro de dia a $14.451,2 \pm 9.131,2$ larvas $\cdot 100 m^{-3}$ em julho à noite. Não foi verificada diferença significativa entre os meses, porém a ANOVA detectou diferença significativa entre os períodos do dia (Tabela 3.3 e Figura 3.5).

Tabela 3. 3 - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de Decapoda coletadas na enseada, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 16.

	Temporal	Nictemeral	F1 x F2
Graus de liberdade	3	1	3
Total	2,0 ^{ns}	62,0**	1,9 ^{ns}

Foram identificados no presente estudo 46 táxons da ordem Decapoda e 6 da ordem Stomatopoda. Os Decapoda foram compostos por 15 Dendrobranchiata, 11 Caridea, 1 Palinura e 19 Brachyura. Nas águas do mar aberto os táxons mais freqüentes foram *Sergestes* spp. 1, *Sergestes edwardsi* Krøyer, 1855, Sergestidae spp. 1 e Sergestidae spp. 2. Em termos de abundância relativa, larvas de Trapeziidae sp., Xanthidae sp. 1 e *Sergestes* spp. 1 representaram juntas 62% da abundância total. Na enseada, larvas iniciais dos Brachyura *Plagusia depressa* (Fabricius, 1775), *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) e Xanthidae sp. 1 e dos Caridea Alpheidae sp. 1 e Alpheidae sp. 3 foram as mais freqüentes. Larvas de Xanthidae sp. 1, *G. grapsus*, Alpheidae

sp. 1 e Alpheidae sp. 3 representaram 77% da abundância total de larvas na enseada (Tabela 3.4).

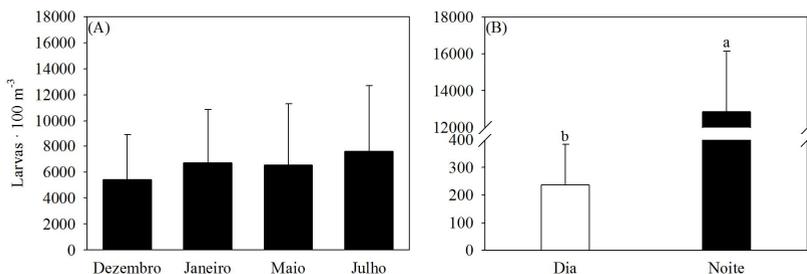


Figura 3.5 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de Decapoda coletadas na enseada, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação temporal e (B) variação nictemeral.

Foi encontrado um padrão nas amostras coletadas na enseada à noite em todos os meses de coleta, com maior porcentagem de larvas de Brachyura seguidas de Caridea. O mesmo padrão foi encontrado nas amostras do mar aberto de maio e julho. No período diurno foi observado que ocorre maior variação na composição das larvas em função dos meses e das distâncias, mas ainda assim é possível notar a predominância de larvas de Dendrobranchiata. Estas ocorreram em grande proporção à noite somente em novembro (D4) e em janeiro (mar aberto). Larvas de Stomatopoda e de Palinura foram encontradas principalmente no mês de novembro em D1 (Figura 3.6).

Larvas de Caridea e Brachyura, assim como alguns dos principais táxons destes grupos (Alpheidae sp. 3, Xanthidae sp. 1, *Platypodiella spectabilis* (Herbst, 1794), *G. grapsus* e *P. depressa*) apresentaram o mesmo padrão que o total de larvas de Decapoda quando seus dados coletados na enseada foram submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey. Não apresentaram diferença significativa entre os meses, porém ocorreu diferença entre os períodos do dia, sendo significativamente superior a abundância de larvas no período noturno. Larvas de Grapsidae sp. 3 apresentaram interação entre os meses e os períodos do dia, decorrente da presença das larvas somente em janeiro de dia, dezembro à noite e, em grande abundância, janeiro à noite (Tabela 3.5 e Figura 3.7).

Tabela 3. 4 - Estágio de desenvolvimento larval, frequência de ocorrência (FO) e abundância relativa (AR) das larvas de Decapoda e Stomatopoda identificadas no mar aberto e na enseada. Estágios iniciais: de I a III; avançados: de IV em diante.

Táxons	Estágio de desenvolvimento larval	Mar aberto		Enseada	
		FO (%)	AR (%)	FO (%)	AR (%)
Dendrobranchiata					
<i>Penaeoidea</i> spp.	protozoés I	6,9	< 0,5		
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	protozoés II e III	19,4	< 0,5	12,5	< 0,1
<i>Gennadas</i> sp.	protozoés I-III e misis I-III	12,5	< 0,5	12,5	< 0,1
<i>Parapenaeus</i> spp.	misis I	1,4	< 0,1		
<i>Solenoceridae</i> sp.	protozoés III	1,4	< 0,1		
<i>Sergestidae</i> spp. 1	protozoés I	36,1	5,5	33,3	< 0,5
<i>Sergestidae</i> spp. 2	decapoditos	43,1	3,7	29,2	< 0,1
<i>Sergestes</i> spp. 1	protozoés II e III	68,1	9,9	58,3	< 0,5
<i>Sergestes</i> spp. 2	protozoés II e III	27,8	1,0	16,7	< 0,1
<i>Sergestes curvatus</i>	misis I e III	8,3	< 0,5		
<i>Sergestes edwardsi</i>	misis I-III	48,6	2,1	29,2	< 0,1
<i>Sergestes henseni</i>	misis I-III	5,6	< 0,1	4,2	< 0,1
<i>Sergia splendens</i>	misis III	1,4	< 0,1		
<i>Lucifer</i> spp. 1	misis I e II	4,2	< 0,1	16,7	< 0,1
<i>Lucifer</i> spp. 2	decapoditos	13,9	< 0,5		
Caridea					
<i>Caridea</i> sp.	zoés avançadas	12,5	0,5	4,2	< 0,1
<i>Periclimenes</i> sp.	zoés avançadas	8,3	< 0,5	4,2	< 0,1
<i>Alpheidae</i> sp. 1	zoés iniciais	19,4	2,4	62,5	14,3
<i>Alpheidae</i> sp. 2	zoés iniciais	13,9	1,2	45,8	1,9
<i>Alpheidae</i> sp. 3	zoés iniciais	26,4	5,4	66,7	12,4
<i>Alpheidae</i> sp. 4	zoés avançadas	1,4	< 0,1		
<i>Alpheidae</i> sp. 5	zoés iniciais			12,5	< 0,5
<i>Alpheus</i> sp. 5	zoés avançadas	1,4	< 0,1		
<i>Hippolytidae</i> sp.	zoés iniciais	23,6	2,1	8,3	< 0,1
<i>Pandalidae</i> sp. 1	zoés iniciais	16,7	0,7	8,3	< 0,1
<i>Pandalidae</i> sp. 2	zoés avançadas	1,4	< 0,1	4,2	< 0,1
Palinura					
<i>Panulirus</i> spp.	filosomas I	8,3	< 0,5	16,7	< 0,1
Brachyura					
<i>Brachyura</i> spp.	megalopas	11,1	< 0,5	4,2	< 0,1
<i>Brachyura</i> sp. 1	zoés V	1,4	< 0,1		
<i>Brachyura</i> sp. 2	zoés I	9,7	< 0,5	45,8	0,7
<i>Brachyura</i> sp. 3	zoés V	1,4	< 0,1		
<i>Brachyura</i> sp. 4	zoés IV	1,4	< 0,1		
<i>Dromia</i> sp.	zoés I	6,9	0,6		
<i>Mithracidae</i> sp.	zoés I	1,4	< 0,1	8,3	< 0,1
<i>Portuninae</i> sp.	zoés I e II	4,2	< 0,5	8,3	< 0,1
<i>Xanthoidea</i> sp.	zoés I	12,5	0,9	45,8	2,1
<i>Trapeziidae</i> sp.	zoés I	29,2	39,2	29,2	6,0
<i>Xanthidae</i> sp. 1	zoés I	25,0	12,9	70,8	33,8
<i>Xanthidae</i> sp. 2	zoés I	25,0	0,8	33,3	1,3
<i>Xanthidae</i> sp. 3	zoés I	13,9	1,3	16,7	< 0,1
<i>Xanthidae</i> sp. 4	zoés I			12,5	< 0,5
<i>Platypodiella spectabilis</i>	zoés I	20,8	1,1	58,3	6,3
<i>Grapsidae</i> sp. 1	zoés V	2,8	< 0,1		
<i>Grapsidae</i> sp. 3	zoés I	5,6	< 0,5	25,0	< 0,5
<i>Grapsus grapsus</i>	zoés I	18,1	3,4	70,8	16,6
<i>Plagusia depressa</i>	zoés I	23,6	2,3	75,0	2,9
Stomatopoda					
<i>Stomatopoda</i> sp.	erictus avançadas			8,3	< 0,1
<i>Gonodactylus</i> sp. 1	erictus avançadas	4,2	< 0,1		
<i>Gonodactylus</i> sp. 2	erictus iniciais e avançadas	11,1	0,6	20,8	< 0,1
<i>Gonodactylus</i> sp. 3	erictus avançadas	1,4	< 0,1		
<i>Lysiosquilloidea</i> spp.	erictus avançadas			4,2	< 0,1
<i>Lysiosquilla</i> sp.	antizoés iniciais	1,4	< 0,1		

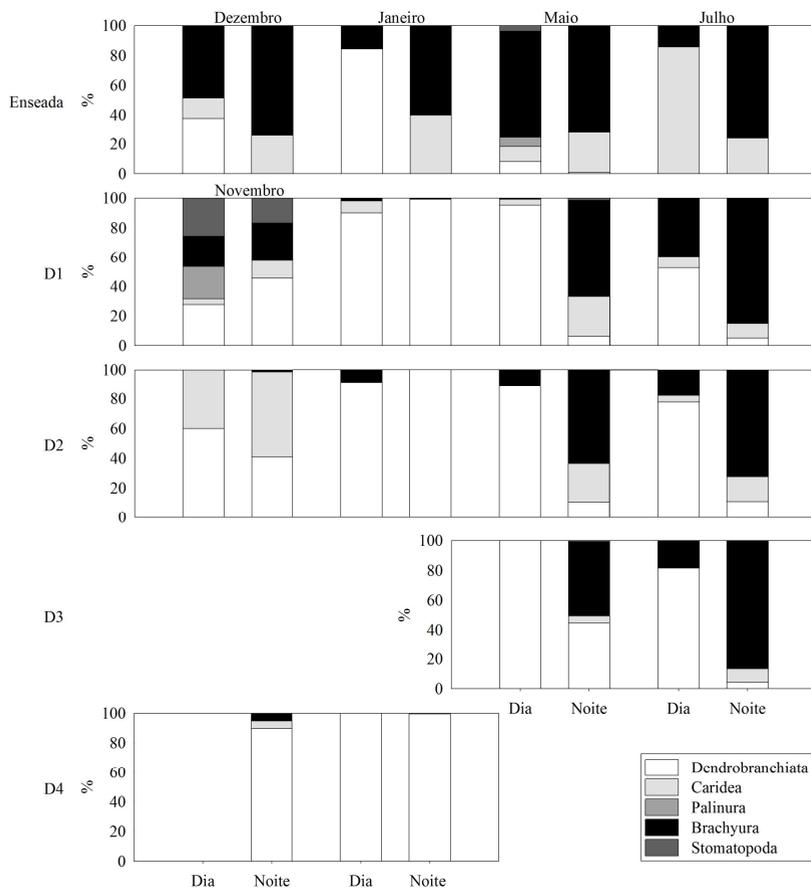


Figura 3.6 - Abundância relativa dos grupos taxonômicos coletados na enseada e nas diferentes distâncias em relação ao ASPSP (D1, D2, D3 e D4), em dezembro, novembro, janeiro, maio e julho, de dia e à noite.

Tabela 3. 5 - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de alguns grupos e táxons coletadas na enseada, mostrando os valores de F. ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 16.

	Temporal	Nictemeral	F1 x F2
Graus de liberdade	3	1	3
Caridea	1,9 ^{ns}	99,7**	1,3 ^{ns}
Brachyura	2,2 ^{ns}	62,1**	2,3 ^{ns}
Alpheidae sp. 3	0,6 ^{ns}	53,7**	0,5 ^{ns}
Xanthidae sp. 1	2,6 ^{ns}	50,8**	2,3 ^{ns}
<i>Platypodiella spectabilis</i>	0,4 ^{ns}	29,2**	0,5 ^{ns}
Grapsidae sp. 3	21,9**	14,3**	7,9**
<i>Grapsus grapsus</i>	1,3 ^{ns}	77,1**	0,6 ^{ns}
<i>Plagusia depressa</i>	0,0 ^{ns}	17,8**	0,7 ^{ns}

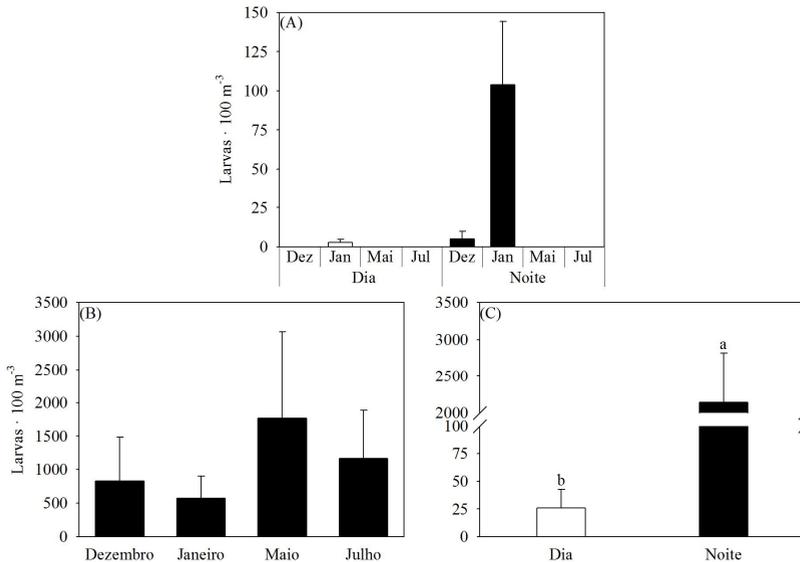


Figura 3. 7 - Abundância (média e erro padrão) de larvas coletadas na enseada, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) interação para Grapsidae sp. 3, (B) variação temporal para *Grapsus grapsus* e (C) variação nictemeral para *Grapsus grapsus*.

Quando aplicada aos dados do mar aberto, a ANOVA apresentou muitas interações significativas de 2 e 3 fatores. Na maior parte dos casos, estas interações ocorreram devido à presença das larvas somente em situações muito particulares. Larvas de Caridea, Alpheidae sp. 3 e Grapsidae sp. 3 apresentaram interação significativa entre os fatores temporal, espacial e nictemeral. Larvas de Brachyura apresentaram abundância significativamente superior em D1 e interação significativa entre os fatores temporal e nictemeral. Larvas de Xanthidae sp. 1, *P. spectabilis* e *G. grapsus* apresentaram interação significativa entre os fatores temporal e nictemeral e entre os fatores espacial e nictemeral. Larvas de *P. depressa* apresentaram interação significativa entre os fatores temporal e nictemeral (Tabela 3.6).

Tabela 3. 6 - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de alguns grupos e táxons coletadas no mar aberto, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 32.

Graus de liberdade	Temporal 3	Espacial 1	Nictemeral 1	F1 x F2 3	F1 x F3 3	F2 x F3 1	F1 x F2 x F3 3
Caridea	22,6**	28,4**	76,9**	4,7**	19,9**	3,8 ^{ns}	3,7*
Brachyura	22,0**	17,8**	55,9**	1,1 ^{ns}	13,6**	3,3 ^{ns}	1,3 ^{ns}
Alpheidae sp. 3	13,8**	20,0**	50,2**	3,2*	15,9**	11,0**	3,4*
Xanthidae sp. 1	18,8**	7,3*	63,5**	0,9 ^{ns}	4,8**	5,4*	0,9 ^{ns}
<i>Platypodiella spectabilis</i>	4,8**	5,4*	19,6**	2,0 ^{ns}	18,8**	7,3*	2,0 ^{ns}
Grapsidae sp. 3	3,7*	3,7 ^{ns}	3,7 ^{ns}	3,7*	3,7*	3,7 ^{ns}	3,7*
<i>Grapsus grapsus</i>	4,3*	4,8*	14,0**	1,5 ^{ns}	4,3*	4,8*	1,5 ^{ns}
<i>Plagusia depressa</i>	8,6**	0,1 ^{ns}	19,3**	0,1 ^{ns}	8,3**	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}

Larvas de Dendrobranchiata, Palinura e Stomatopoda, assim como as de *S. edwardsi* e *Gonodactylus* sp. 2 apresentaram interação significativa entre os três fatores analisados (Tabela 3.7 e Figura 3.8). Para estes grupos e táxons o fator espacial é composto pela enseada, D1 e > D3. Por larvas de Palinura entende-se também larvas de *Panulirus* spp.; único táxon identificado dentro desta infraordem.

Tabela 3. 7 - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de alguns grupos e táxons coletadas na enseada e no mar aberto, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 48.

	Temporal 3	Espacial 2	Nictemeral 1	F1 x F2 6	F1 x F3 3	F2 x F3 2	F1 x F2 x F3 6
Dendrobranchiata	14,9**	8,5**	22,2**	2,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,1 ^{ns}	2,5*
Palinura	16,9**	9,2**	25,2**	15,4**	6,4**	12,2**	24,4**
Stomatopoda	4,2**	6,4**	0,2 ^{ns}	4,2**	0,1 ^{ns}	4,7*	3,1*
<i>Sergestes edwardsi</i>	33,7**	17,7**	8,2**	8,1**	3,6*	7,7**	9,3**
<i>Gonodactylus</i> sp. 2	3,6*	7,8**	0,1 ^{ns}	4,5**	0,1 ^{ns}	3,5*	2,5*

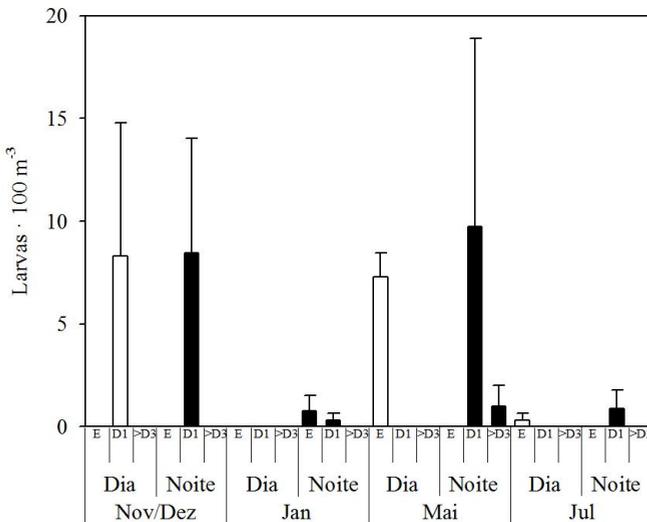


Figura 3. 8 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de Stomatopoda coletadas na enseada e no mar aberto, ilustrando os resultados da ANOVA. E: enseada.

A partir dos gráficos apresentados nas Figuras 3.9 e 3.10 foram identificadas situações muito particulares na distribuição e abundância das larvas de cada um dos táxons identificados no presente estudo. Com relação aos táxons identificados nas águas do mar aberto, observou-se que para as larvas de Dendrobranchiata a ordem de grandeza da abundância de dia e à noite é a mesma. Foi observado o predomínio de larvas de Sergestidae spp. 1, principalmente em janeiro à noite, seguidas das larvas de *Sergestes* spp. 1, *Sergestidae* spp. 2 e *S. edwardsi*. Larvas de Caridea apresentaram abundâncias superiores no período noturno,

sendo que os táxons mais abundantes (Alpheidae sp. 3 e Alpheidae sp. 1) ocorreram principalmente em maio e julho. Larvas de *Gonodactylus* sp. 2 ocorreram em novembro (em ambos os períodos) e maio à noite, com valores de abundância semelhantes. Larvas de *Panulirus* spp. foram encontradas somente em novembro nas amostras diurnas e em maio nas amostras noturnas. Dentre os táxons de Brachyura, as abundâncias foram maiores à noite e foram observadas diferenças na composição das larvas em função do período do dia. Larvas de Xanthidae sp. 1 só foram amostradas à noite, enquanto larvas de Portuninae sp. e Brachyura sp. 3 só foram encontradas de dia. Larvas de Trapeziidae sp. e Xanthidae sp. 1 apresentaram os maiores valores de abundância à noite em maio e julho.

Os gráficos das Figuras 3.11 e 3.12 mostraram que na enseada as larvas de Dendrobranchiata mais abundantes também foram as de *Sergestes* spp. 1 e Sergestidae spp. 1, porém as abundâncias foram um pouco maiores à noite. Dentre os Caridea, a abundância dos táxons identificados foi muito maior no período noturno. Larvas de Alpheidae sp. 1, Alpheidae sp. 2 e Alpheidae sp. 3 foram amostradas em todos os meses à noite e em julho de dia, com exceção de Alpheidae sp. 2 em maio. Larvas de Alpheidae sp. 5 só foram encontradas em maio à noite, enquanto larvas de Pandalidae sp. 1 e Pandalidae sp. 2 só foram amostradas de dia. Em janeiro de dia não foram encontradas larvas de Caridea. Larvas de *Panulirus* spp. só foram encontradas nas amostras diurnas de maio e julho, com valores superiores aos encontrados no mar aberto. Maio de dia apresentou o maior número de táxons de Stomatopoda. Larvas de Brachyura apresentaram abundâncias muito superiores à noite em relação ao dia. Larvas de Xanthidae sp. 1, *G. grapsus*, *P. spectabilis* e *P. depressa* apareceram nas amostras noturnas de todos os meses de coleta e nas amostras diurnas de maio e julho. Larvas de Trapeziidae sp. ocorreram somente em julho, apresentando valores de abundância semelhantes aos de Xanthidae sp. 1.

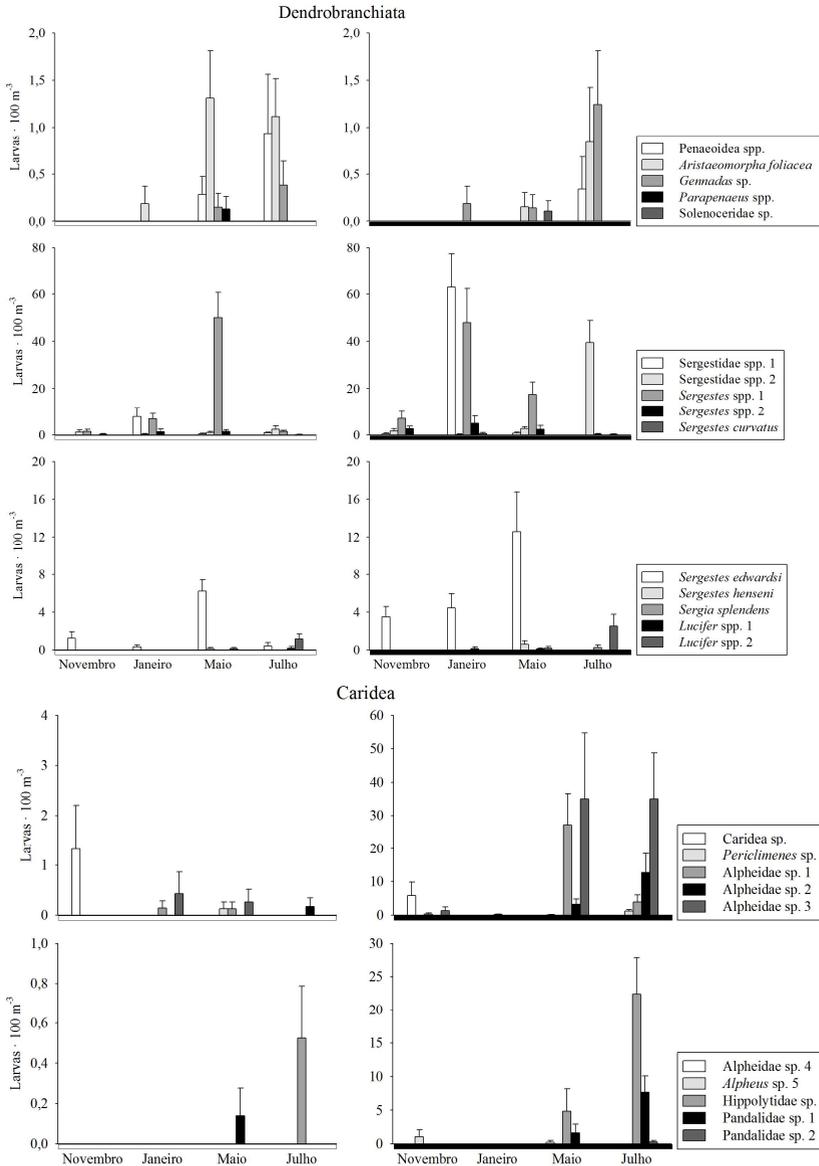


Figura 3.9 - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Dendrobranchiata e Caridea identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho no mar aberto.

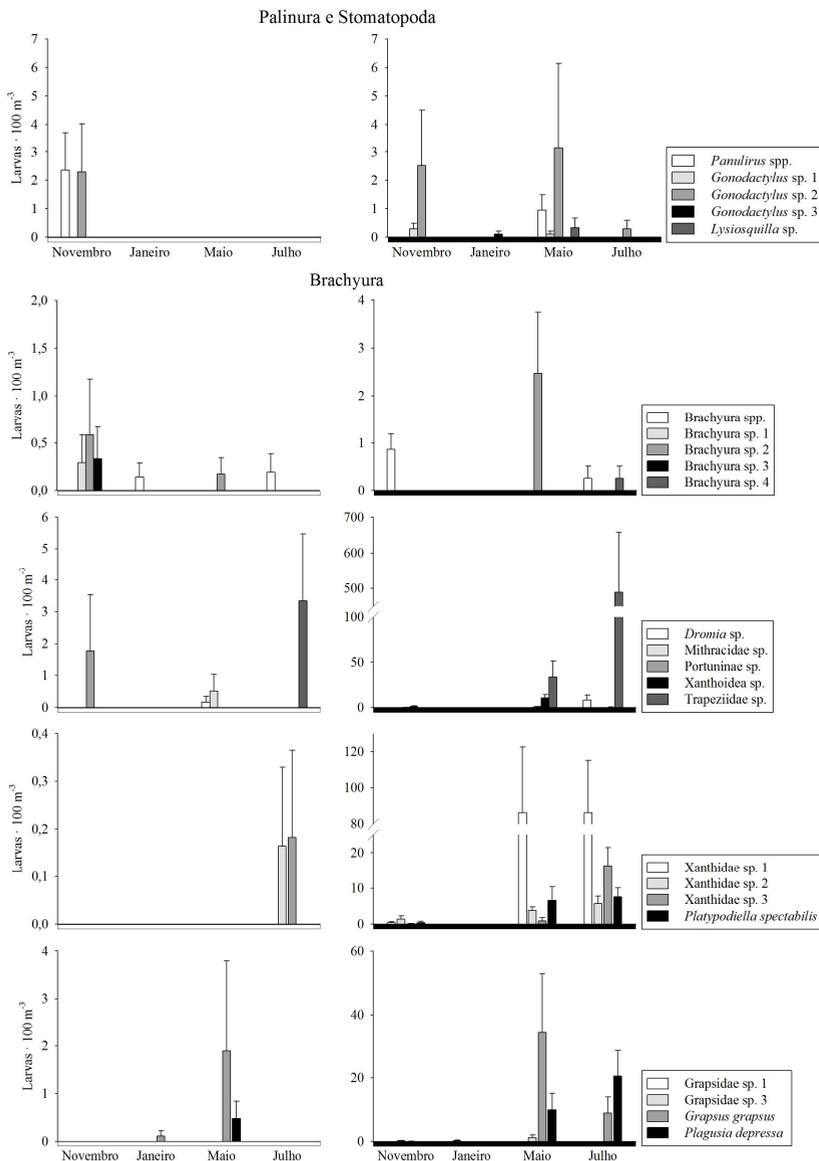


Figura 3. 10 - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Palinura, Stomatopoda e Brachyura identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho no mar aberto.

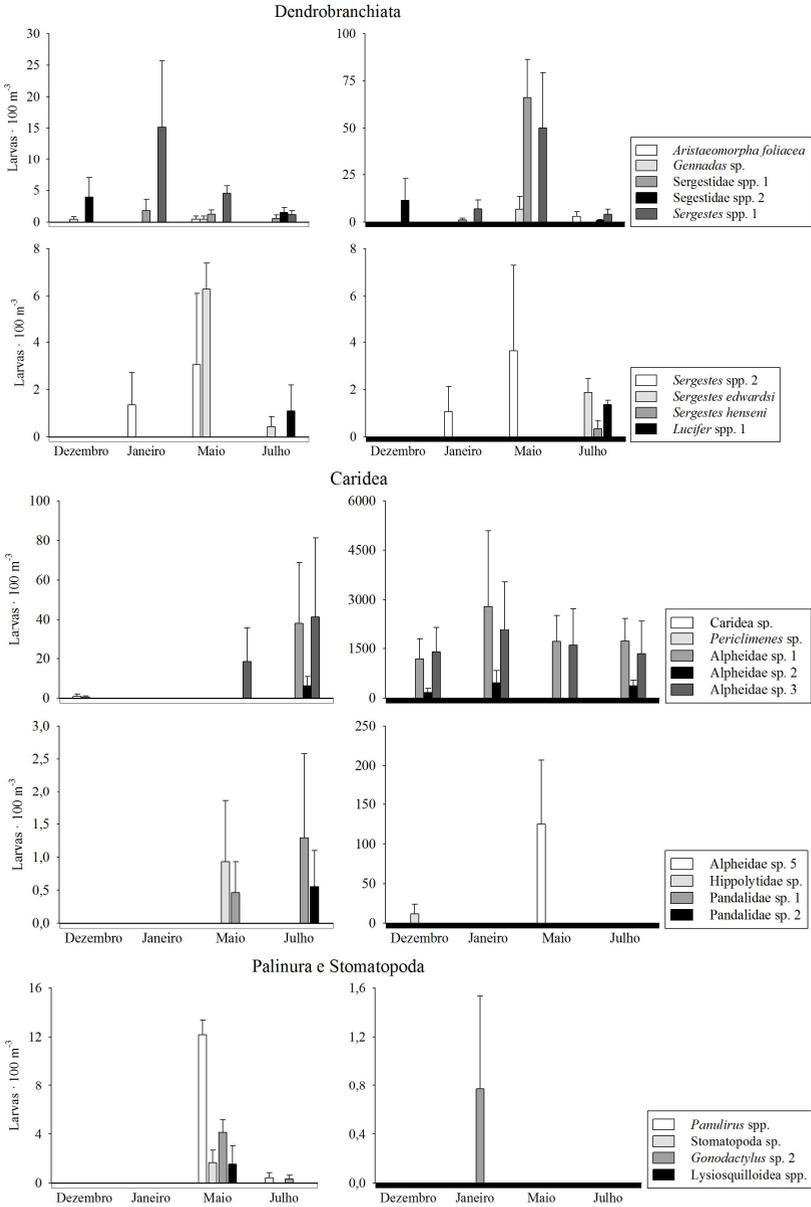


Figura 3. 11 - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Dendrobranchiata, Caridea, Palinura e Stomatopoda identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho na enseada.

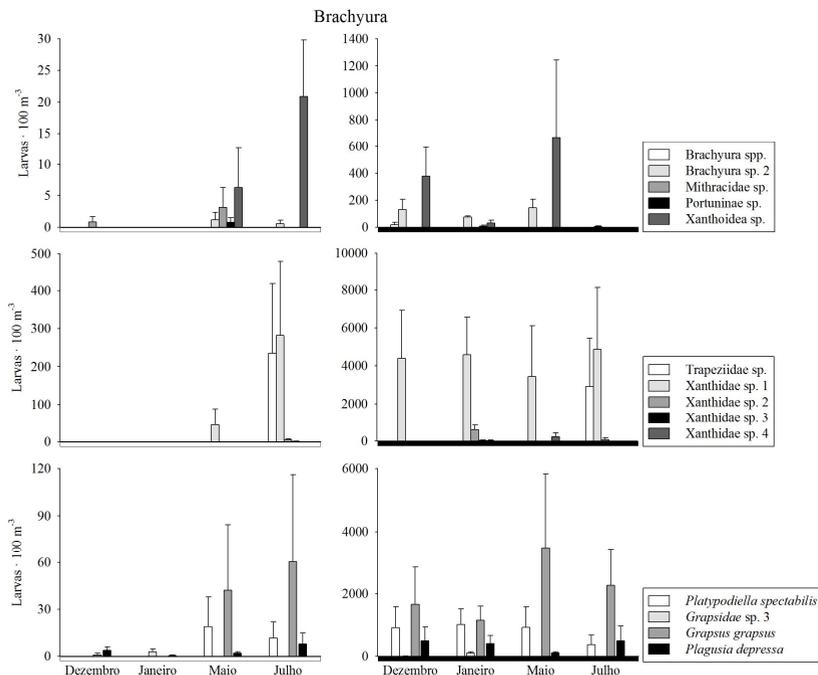


Figura 3.12 - Abundância (média e erro padrão) das larvas de Brachyura identificadas nos períodos diurno (barras brancas horizontais) e noturno (barras pretas horizontais) nos meses de novembro, janeiro, maio e julho na enseada.

O diagrama formado pela análise de ordenação multidimensional mostrou a formação de 4 grupos de amostras. O dendrograma formado pela análise de agrupamento confirmou a divisão das amostras nos mesmos grupos (Figuras 3.13 e 3.14). A análise de similaridade entre os grupos verificou que os mesmos são significativamente diferentes, com exceção dos grupos A e C (Tabela 3.8). O grupo A reuniu todas as amostras coletadas na enseada no período noturno e teve como indicadores 11 táxons (3 Caridea e 11 Brachyura), especialmente Alpheidae sp. 1, Alpheidae sp. 3, Brachyura sp. 2, Xanthidae sp. 1, *P. spectabilis*, *G. grapsus* e *P. depressa*. Amostras que apresentaram alta abundância larval, coletadas nos meses de maio e julho, em sua maioria do período noturno formaram o grupo B. Este grupo apresentou 3 táxons indicadores (2 Caridea e 1 Palinura), especialmente Pandalidae sp. 1. Nenhum táxon foi indicador dos grupos C e D. O grupo D reuniu a maior parte das amostras. Do total das 20 amostras que formaram este grupo, apenas 2 foram coletadas em julho e 1 na enseada. Isso mostra

que este grupo representa as amostras coletadas no mar aberto e que têm como característica comum menor abundância de larvas, quando comparadas com as demais amostras (Figuras 3.13, 3.14 e Tabela 3.9).

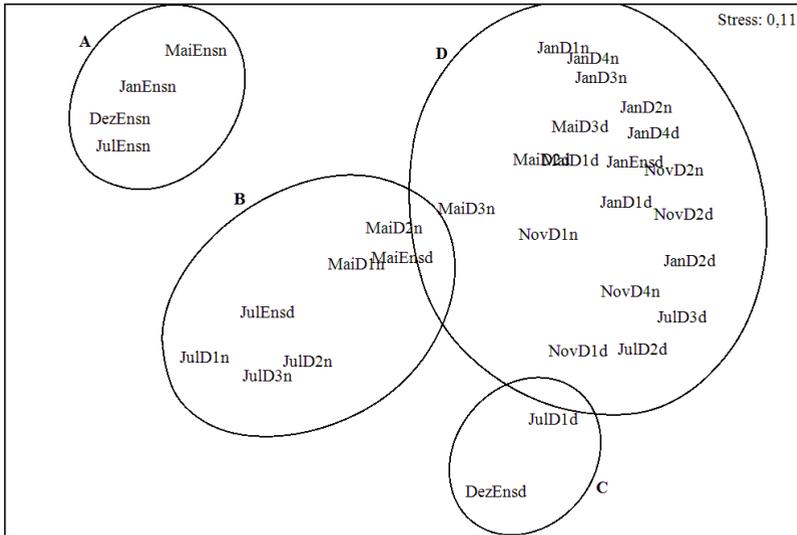


Figura 3. 13 - Diagrama da análise de ordenação multidimensional realizado com a média das réplicas e com todos os táxons identificados. Nov: novembro, Dez: dezembro, Jan: janeiro, Mai: maio, Jul: julho, Ens: enseada, d: dia, n: noite.

Tabela 3. 8 - Resultado da análise de similaridade baseada nos grupos (A, B, C e D) formados na Figura 3.13. * $p < 0,05$.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
A - B	0,997	0,3*
A - C	1,000	6,7
A - D	1,000	0,1*
B - C	1,000	2,8*
B - D	0,865	0,1*
C - D	0,756	0,5*

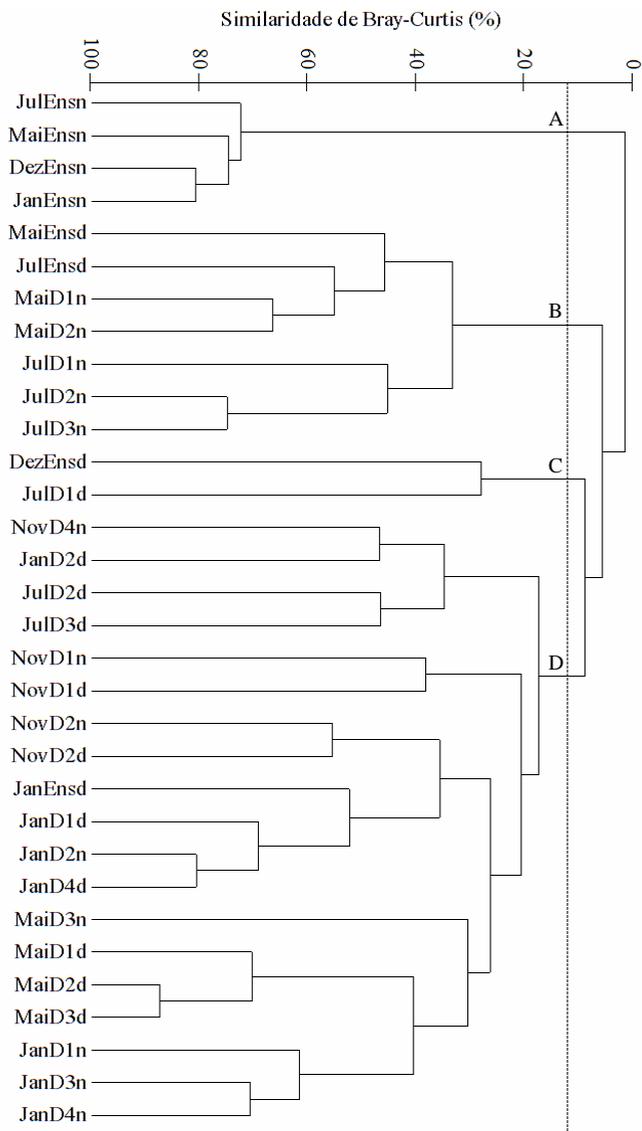


Figura 3. 14 - Dendrograma de agrupamento das amostras realizado com a média das réplicas e com todos os táxons identificados, usando o método de agrupamento da média por grupo e como coeficiente de distância a similaridade de Bray-Curtis. Nov: novembro, Dez: dezembro, Jan: janeiro, Mai: maio, Jul: julho, Ens: enseada, d: dia, n: noite. Linha pontilhada representa a zona de corte (nível de similaridade = 12%).

Tabela 3. 9 - Resultado da análise de espécies indicadoras baseada nos grupos formados na Figura 3.13, mostrando somente os táxons que apresentaram valores significativos ($p < 0,05$).

Táxons indicadores	Valor indicador (%)				p
	A	B	C	D	
Alpheidae sp. 1	99	1	0	0	0,001
Alpheidae sp. 2	73	2	0	0	0,037
Alpheidae sp. 3	98	2	0	0	0,001
Hippolytidae sp.	5	66	2	0	0,030
Pandalidae sp. 1	0	99	0	0	0,001
<i>Panulirus</i> spp.	0	48	0	2	0,044
Brachyura sp. 2	99	1	0	0	0,001
Xanthoidea sp.	73	2	0	0	0,032
Xanthidae sp. 1	97	3	0	0	0,001
Xanthidae sp. 2	73	2	0	0	0,041
Xanthidae sp. 4	50	0	0	0	0,014
<i>Platypodiella spectabilis</i>	99	1	0	0	0,001
<i>Grapsus grapsus</i>	98	1	0	0	0,001
<i>Plagusia depressa</i>	96	3	0	0	0,001

No mar aberto foram identificadas 38 espécies ou táxons que representam uma espécie, enquanto 28 foram identificados na enseada. Através da curva de acumulação de espécies observa-se que tanto no mar aberto quanto na enseada o esforço de coleta ($n = 72$ no mar aberto e $n = 24$ na enseada) não foi suficiente para o levantamento total da riqueza de espécies destes ambientes. Apesar disso, é possível observar que a curva de acumulação de espécies da enseada apresenta maior tendência a se estabilizar, menor intervalo de confiança e maior número de espécies por amostra (Figura 3.15).

No mar aberto o número de espécies foi maior em maio e julho à noite. Janeiro foi o mês que apresentou menor número de espécies, tanto no mar aberto quanto na enseada, em ambos os períodos do dia no mar aberto. A diversidade de espécies não variou muito entre os meses na enseada, com exceção de janeiro durante o dia, que apresentou menor diversidade que as demais situações. A equitabilidade de espécies foi bastante semelhante entre os meses e períodos do dia na enseada. Já no mar aberto, novembro apresentou maior equitabilidade. No período diurno os maiores valores de equitabilidade foram observados em novembro e janeiro (Figura 3.16).

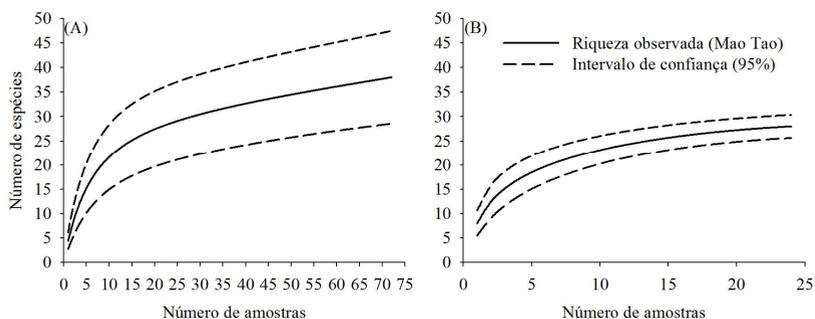


Figura 3.15 - Curva de acumulação de espécies para as amostras coletadas (A) no mar aberto e (B) na enseada.

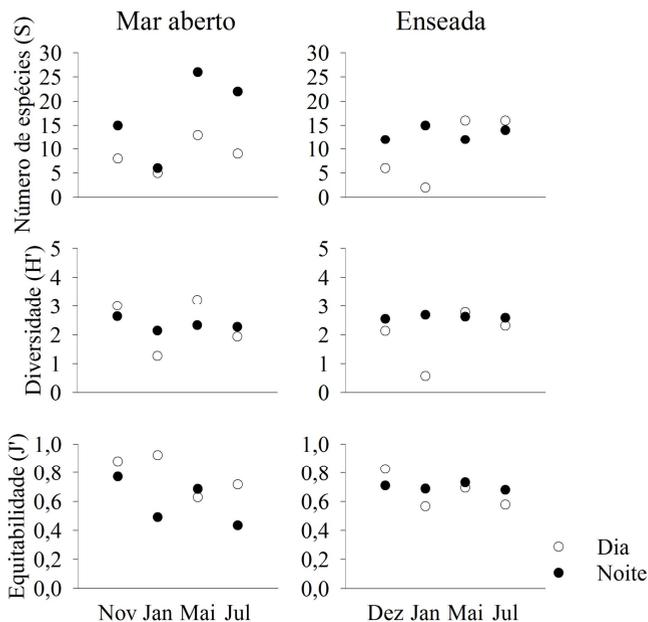


Figura 3.16 - Variação temporal e nictemeral do número, diversidade e equitabilidade de espécies coletadas no mar aberto e na enseada.

O diagrama da análise de correspondência canônica explicou 68,2% da variação da abundância dos táxons em função dos dados ambientais. O eixo I (43,8% de explicação) foi definido pelas variações nictemeral, de distância e batimetria. Já o eixo II (24,4% de explicação)

representou as variações temporal, de temperatura e salinidade. Foi observada a formação de um grupo de táxons à noite nas menores distâncias em relação ao ASPSP (enseada). Este grupo foi formado por larvas iniciais de *Brachyura* e *Caridea*. Alguns táxons de *Dendrobranchiata* foram encontrados durante o dia nas amostras coletadas ao redor do ASPSP, que apresentaram maiores valores de distância e profundidade. O eixo II foi formado por julho e maiores salinidades em oposição aos outros meses e às maiores temperaturas. Larvas de *Gonodactylus* sp. 2, *Panulirus* spp. e *Caridea* sp. ocorreram quando os valores de temperatura foram maiores. Por outro lado, larvas de outros táxons, como *Trapeziidae* sp. e *Hippolytidae* sp. apareceram associadas aos maiores valores de salinidade (Figura 3.17).

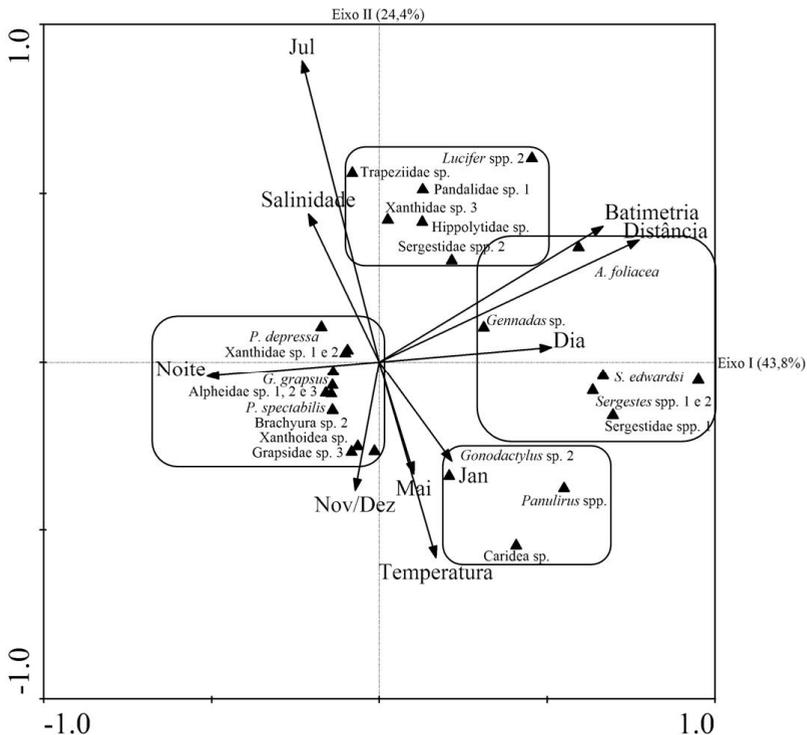


Figura 3. 17 - Diagrama fatorial resultante da análise de correspondência canônica, mostrando a distribuição dos táxons coletados no mar aberto e na enseada com frequência de ocorrência igual ou superior a 10% em função dos meses, períodos do dia e valores de temperatura, salinidade e batimetria e distância em relação ao ASPSP.

DISCUSSÃO

Os valores de temperatura e salinidade medidos no presente trabalho estão dentro do registrado para águas oceânicas tropicais (25 a 29°C e 35 a 37) (King, 1967), exceto pela salinidade no mês de julho que foi superior a 37. Quando comparados com dados registrados para o ASPSP (27,2 a 27,5°C e 35,4 a 35,6) (Travassos et al., 1999), a temperatura foi superior em janeiro e a salinidade foi superior em todos os meses.

A identificação larval resultou em 46 morfotipos da ordem Decapoda e 6 da ordem Stomatopoda. Foram identificadas pela primeira vez no ASPSP larvas de *Sergia splendens* (Sund, 1920) e de Solenoceridae, ambos camarões Dendrobranchiata. Além disso, 5 novas ocorrências foram registradas (*Caridea* sp., *Alpheus* sp. 5, *Brachyura* sp. 3, *Brachyura* sp. 4 e *Gonodactylus* sp. 3) sem terem a identificação em nível de espécie.

A ocorrência de novos morfotipos e as curvas de acumulação de espécies sugerem que a diversidade de larvas de Decapoda e Stomatopoda ainda requer maior esforço amostral para as águas do ASPSP. Ainda assim, os valores registrados por Koettker (2008), Koettker et al., (2010) e presente trabalho totalizam 64 morfotipos de Decapoda e Stomatopoda (54 bentônicos e 10 pelágicos), valores muito maiores do que os registrado para a região com base em estudos feitos com adultos, que totalizavam 19 espécies (16 bentônicas e 3 pelágicas) (Holthuis et al., 1980; Sankarankutty et al., 2001; Viana et al., 2004).

Larvas das infraordens Stenopodidea, Astacidea e Thalassinidea não foram amostradas neste estudo, assim como nos trabalhos de Koettker et al. (2010) e Landeira et al. (2010). Larvas de Anomura também estão ausentes no ASPSP, apesar de ocorrerem na região das Ilhas Canárias (Landeira et al., 2010). Dentre estas infraordens, o único registro de adulto para o ASPSP é da espécie de Anomura *Munida sanctipauli* Henderson, 1885 (Holthuis et al., 1980), cuja distribuição está restrita ao Atlântico Norte, ocorrendo praticamente só em ilhas (Melo-Filho & Melo, 2001).

Com base nos adultos identificados em estudos anteriores no ASPSP, é provável que larvas de Hippolytidae sp., *Panulirus* spp., *Dromia* sp., Xanthidae sp. 1 e Grapsidae sp. 3, identificadas no presente trabalho, sejam as larvas de *Lysmata grabhami* (Gordon, 1935), *Panulirus echinatus* Smith, 1869 ou *Panulirus argus* (Latreille, 1804), *Dromia gouveai* Melo e Campos Jr., 1999, *Xanthodius denticulatus* (White, 1848) ou *Euryozius sanguineos* (Linnaeus, 1771) e

Pachygrapsus corrugatus (von Martens, 1872) ou *Planes cyaneus* Dana, 1852, respectivamente.

Apesar de se tratar de um pequeno arquipélago oceânico, os valores de abundância de larvas na enseada foram superiores aos valores encontrados no Arquipélago do Arvoredo (Koettker & Freire, 2006), situado a apenas 11 km da costa, porém inferiores aos valores encontrados nas estações de plataforma interna próximas ao estuário de Itamaracá, no nordeste brasileiro (Schwamborn et al., 2001) e na entrada da Baía de Guanabara (Fernandes et al., 2002). Díaz (2007) encontrou abundância muito alta de larvas de crustáceos na enseada e a 80 m do ASPSP, sendo que as larvas mais abundantes foram as zoés de *Brachyura*, larvas de *Alpheidae* e misis de *Caridea*. Valores extremamente altos de abundância larval são típicos de regiões costeiras e estuarinas (e.g. Schwamborn & Bonecker, 1996; Schwamborn et al., 1999; Silva-Falcão et al., 2007). Por outro lado, regiões oceânicas tropicais são consideradas oligotróficas, apresentando como regra uma abundância zooplanctônica consideravelmente menor que a encontrada em áreas costeiras (Dufour et al., 1999; Thurman & Burton, 2001). Regiões de águas frias são caracterizadas por eventos de ressurgência, alta produtividade e, conseqüentemente, abundância zooplanctônica elevada (Peterson & Schwing, 2003). No entanto, os valores encontrados no mar aberto do ASPSP foram equivalentes aos encontrados ao redor da Ilha de Páscoa (Mujica, 2006a) e em um transecto oceânico entre Caldera e a Ilha de Páscoa (Rivera & Mujica, 2004), e superiores aos encontrados na área das Ilhas Canárias (Landeira et al., 2010), a aproximadamente 100 km da costa, em amostras coletadas através de arrastos oblíquos. Becker (2001) contatou eventos de ressurgência na região oceânica próxima ao ASPSP, baseados nas elevações das isotermas, baixo oxigênio e alta concentração superficial de nutrientes. Na enseada do ASPSP, os valores encontrados por Koettker et al. (2010) foram equivalentes aos do presente trabalho, enquanto no mar aberto as abundâncias foram um pouco inferiores (Tabela 3. 10).

Em meio ao Oceano Atlântico, o padrão de predominância de larvas de espécies meroplantônicas, observado na enseada e nas distâncias mais próximas do ASPSP, foi semelhante ao encontrado em uma zona costeira, formada por rochas e corais (Melo et al., 2002).

Verificou-se que maio e julho foram meses de maior abundância de larvas e maior número de táxons identificados. O estudo de Díaz (2007) mostrou a isoterma de 20°C mais rasa em maio e junho do que em setembro e outubro de 2005 no ASPSP, sugerindo a ocorrência de

uma ascensão de águas durante maio e junho. Processos de ressurgência implicam que as águas afloradas podem permanecer na zona eufótica por períodos de curta duração ou semanas, dependendo da força com a qual a corrente atinge o obstáculo (ilha oceânica ou monte submarino), gerando manchas locais de zooplâncton (Genin, 2004). A principal causa da oligotrofia das águas tropicais oceânicas é o baixo fluxo vertical de nutrientes, porém a divergência de correntes e a interação entre as correntes oceânicas e o relevo submarino são capazes de promover a mistura vertical entre as camadas (Rogers, 1994). Travassos et al. (1999) não encontraram evidências claras de ressurgência topográfica no ASPSP, mas verificaram que o atrito entre os fluxos opostos da corrente superficial Corrente Sul Equatorial (CSE) e da corrente subsuperficial Sub-Corrente Equatorial (SCE), promovem uma ruptura na estabilidade vertical da coluna de água, empurrando a água verticalmente.

Tabela 3. 10 - Abundância de larvas de Decapoda (larvas · 100 m⁻³) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e em outras regiões oceânicas e costeiras. * Abundância de larvas de crustáceos.

Local	Abundância	Referência
Sistema estuarino de Itamaracá	2.500 a 391.100	Schwamborn et al. (2001)
Entrada da Baía de Guanabara	16.900 a 28.100	Fernandes et al. (2002)
ASPSP (enseada e a 80 m)	50 a 256.410*	Díaz (2007)
ASPSP (enseada)	12 a 14.451	Presente trabalho
ASPSP (enseada)	2 a 12.827	Koettker et al. (2010)
Arquipélago do Arvoredo	700 a 6.700	Koettker & Freire (2006)
ASPSP (mar aberto)	15 a 968	Presente trabalho
ASPSP (mar aberto)	0 a 150	Koettker et al. (2010)
Ilha de Páscoa	até 700	Mujica (2006a)
Região entre Caldera e Ilha de Páscoa	até 26	Rivera & Mujica (2004)
Ilhas Canárias	3 a 15	Landeira et al. (2010)

A análise de correspondência canônica mostrou uma comunidade de larvas que parecem estar associadas aos maiores valores de salinidade do mês de julho. Esta comunidade inclui decapoditos de Luciferidae e Sergestidae (*Lucifer* spp. 2 e *Sergestidae* spp. 2), sendo que os primeiros estágios larvais destes táxons também foram associados a águas mais salinas no ASPSP por Koettker et al. (2010).

Os valores de abundância superiores encontrados à noite sugerem a ocorrência de desovas noturnas e da migração vertical. A

predominância de desovas no período noturno e tendência apresentada pelas zoés iniciais a migrar para a superfície foram relatadas por Christy (1982) e Queiroga & Blanton (2005), respectivamente. De acordo com Queiroga & Blanton (2005), a luz é um dos fatores mais relevantes no controle dos movimentos verticais das larvas. O comportamento diário de migração vertical é um processo já bem documentado, realizado por um grande número de espécies tanto do holoplâncton quanto do meroplâncton (e.g. Queiroga et al., 1997; Rawlinson et al., 2004; Bradford et al., 2005). Para a maior parte das larvas a amplitude da migração vertical alcança menos de 100 m (Omori, 1974; Ciales & McGowan, 1994). Amostragens com arrastos oblíquos a partir de 200 m de profundidade não são capazes de detectar diferenças significativas na abundância das larvas entre os períodos do dia (Landeira et al., 2010).

Na enseada, os táxons mais frequentes e abundantes foram de larvas de *Brachyura* e *Caridea*, todos identificados no primeiro estágio larval de desenvolvimento, o que indica que a enseada funciona como um local de desova para espécies bentônicas. Neste ambiente, larvas amostradas em estágios subseqüentes ao de eclosão corresponderam a apenas 0,2% do total de larvas amostradas. Além disso, dentre as estações de mar aberto, D1 foi significativamente mais abundante e com composição mais semelhante a da enseada, indicando não só que o arquipélago exerce influência sobre a comunidade de larvas da região, mas também a presença um possível mecanismo de retenção larval, visto que o Arquipélago de São Pedro e São Paulo é um ambiente com alto grau de isolamento geográfico. Quanto maior o grau de isolamento de um local mais provável é a hipótese de que as populações sejam inteiramente mantidas por auto-recrutamento (Sponaugle et al., 2002). Além disso, vórtices são considerados importantes mecanismos de retenção e acúmulo de larvas em regiões próximas a ilhas (Sponaugle et al., 2002; Queiroga & Blanton, 2005), entretanto pouco se conhece sobre este tipo de fenômeno nesta região. Lopes et al. (2006) verificaram que características geográficas, como ilhas, podem influenciar o sistema de correntes oceânicas e contribuir para os mecanismos de retenção ou dispersão das larvas e ovos de peixes.

A análise da comunidade como um todo evidenciou a importância da enseada como local de desova de camarões *Alpheidae* e de espécies de caranguejos, como *Platypodiella spectabilis*, *Grapsus grapsus* e *Plagusia depressa*, visto que estes formaram um grupo com alta densidade larval noturna na enseada e com mais de 70% de similaridade. Dentre as oito espécies indicadoras da enseada, encontradas por Koettker et al. (2010), cinco são coincidentes com as

encontradas neste estudo (Brachyura sp. 2, Xanthidae sp. 1, *P. spectabilis*, *G. grapsus* e *P. depressa*).

No mar aberto, os maiores valores encontrados de abundância relativa foram de larvas de Sergestidae, em diferentes estágios de desenvolvimento. Este resultado já era esperado, uma vez que esta família é composta por camarões holoplanctônicos, cujas formas larvais e adultas são altamente adaptadas a regiões de oceano aberto (Omori, 1974). Seus representantes devem se beneficiar com a proximidade do arquipélago, mas, como são independentes de qualquer tipo de substrato, não mostraram uma forte associação com a proximidade do arquipélago. Koettker et al. (2010) também registraram a predominância de larvas de Dendrobranchiata ao redor do ASPSP, independente do estágio de desenvolvimento larval. Mujica (2006a) verificou a ocorrência dos gêneros *Gennadas* Bate, 1881 e *Sergestes* H. Milne Edwards, 1830 principalmente em estações de características oceânicas.

Larvas de lagosta foram pouco representativas em termos de abundância relativa e frequência de ocorrência. Todas as larvas do único morfotipo identificado (*Panulirus* spp.) estavam no estágio de filosoma I e devem ser de *P. echinatus* e/ou *P. argus*, devido às características morfológicas e à presença dos adultos no arquipélago (Pinheiro et al., 2003; Sankarankutty et al., 2001). Koettker et al. (2010) e Landeira et al. (2010) também constataram baixa abundância de larvas de lagostas, porém no trabalho de Koettker et al. (2010) a diversidade foi maior, sendo reconhecidas larvas das espécies *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) e *Parribacus antarcticus* (Lund, 1793) e do gênero *Scyllarides* Gill, 1898, além de filosomas avançadas de *Panulirus* spp. Embora não se possa afirmar nada a respeito de retenção ou dispersão larval, tendo em vista que só foram amostradas larvas iniciais e com baixos valores de abundância, o modelo proposto por Ruddorf et al. (2009) sugere que existe conectividade entre as populações de *P. argus*, *P. laevicauda* e *P. echinatus* de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, ASPSP e região costeira norte e nordeste do Brasil.

A ocorrência de interações entre os fatores analisados em relação à abundância de larvas meroplanctônicas (mar aberto) e holoplanctônicas (mar aberto e enseada) refletiu a peculiaridade da distribuição de cada táxon. As variações na abundância e ocorrência de cada táxon entre os períodos do dia, meses e local de coleta (mar aberto ou enseada) confirmaram estas particularidades, que também foram observadas por Koettker et al. (2010). O padrão de distribuição das larvas de Decapoda está relacionado, entre outros fatores, pela presença, abundância e época reprodutiva dos adultos, o que varia de uma espécie

para outra (Mujica, 2006b).

Além dos estudos nas ilhas do Atlântico Tropical serem escassos, as características oceanográficas de cada sistema precisam ser conhecidas para que se possa compreender a dinâmica local e, conseqüentemente, os mecanismos que regulam a distribuição das larvas. No futuro, amostragens nos estratos mais fundos da coluna de água da enseada e do mar aberto e a utilização de mais dados de oceanografia física, como a existência de vórtices, poderiam nos ajudar a descrever o padrão de transporte das larvas e a entender os fenômenos que influenciam a distribuição das larvas de Decapoda na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina pelas bolsas concedidas à primeira autora, à FAPESP (05/58085-5) pela bolsa concedida à terceira autora e ao CNPq (48.0040/2004-4 e 55.8470/2005-0) pelo apoio financeiro. À CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) e tripulações dos barcos “Transmar I” e “Transmar II” pelo apoio logístico nas coletas de plâncton. Aos alunos e técnicos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que ajudaram na triagem das amostras. Agradecemos também ao Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares (Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC) pela confecção dos mapas.

REFERÊNCIAS

Anger K. (2001) *The Biology of Decapod Crustacean Larvae*, Lisse: A.A. Balkema Publishers.

Becker H. (2001) *Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Uma contribuição ao Programa Revizee*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

Bradford R.W., Bruce B.D., Chiswell S.M., Booth J.D., Jeffs A. e Wotherspoon S. (2005) Vertical distribution and diurnal migration patterns of *Jasus edwardsi* phyllosomas off the east coast of the North Island. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39, 593-604.

Campos T.F.C., Virgens Neto J., Srivastava N.K., Petta R.A., Hartmann L.A., Moraes J.F.S., Mendes L. e Silveira S.R.M. (2005) Arquipélago de São Pedro e São Paulo - Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. In Winge M., Schobbenhaus C., Berbert-Born M., Queiroz E.T., Campos D.A., Souza C.R.G. e Fernandes A.C.S. (eds) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na internet no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio002/sitio002.pdf>

Christy J.H. (1982) Adaptive significance of semilunar cycles of larval release in fiddler crabs (Genus *Uca*): test of a hypothesis. *Biological Bulletin* 163, 251-263.

Clarke K.R. e Warwick R.M. (2001) *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd ed. Plymouth: Primer-E Ltd.

Criales, M.M. e McGowan, M.F. (1994) Horizontal and vertical distribution of penaeidean and caridean larvae and micronektonic shrimps in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science* 54, 843-856.

Díaz X.F.G. (2007) *Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pernambuco, Brasil.

Dufour P., Charpy L., Bonnet S. e Garcia N. (1999) Phytoplankton nutrient control in the oligotrophic South Pacific subtropical gyre (Tuamotu Archipelago). *Marine Ecology Progress Series* 179, 285-290.

Edwards A.J. e Lubbock R. (1983a) The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic). *Journal of Zoology* 200, 51-69.

Edwards A.J. e Lubbock R. (1983b) Marine zoogeography of St Paul's Rocks. *Journal of Biogeography* 10, 65-72.

Feitoza B.M., Rocha L.A., Luiz-Jr. O.J., Floeter S.R. e Gasparini J.L. (2003) Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 7, 61-82.

Fernandes L.D.A., Bonecker S.L.C. e Valentin J.L. (2002) Dynamic

of decapod crustacean larvae on the entrance of Guanabara Bay. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45, 491-498.

Genin A. (2004) Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. *Journal of Marine Systems* 50, 3-20.

Holthuis L.B., Edwards A.J. e Lubbock H.R. (1980) The decapod and stomatopod Crustacea of St Paul's Rocks. *Zoologische Mededelingen* 56, 27-51.

King C.A.M. (1967) *An introduction to oceanography*, New York: McGraw-Hill.

Koettker A.G. (2008) *Composição, densidade e variação espaço-temporal de larvas de decápodes e estomatópodes do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Brasil.

Koettker A.G. e Freire A.S. (2006) Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia* 96, 31-39.

Koettker A.G., Freire A.S. e Sumida P.Y.G. (2010) Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90.

Krebs C.J. (1998) *Ecological Methodology*, 2nd ed. Menlo Park: Addison Wesley Longman.

Landeira J.M., Lozano-Soldevilla F., Hernández-León S. e Barton E.D. (2010) Spatial variability of planktonic invertebrate larvae in the Canary Islands area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90.

Legendre P. e Legendre L. (2006) *Numerical Ecology*, 2nd ed. Amsterdã: Elsevier.

Lopes R.M., Katsuragawa M., Dias J.F., Montú M.A., Muelbert J.H., Gorri C. e Brandini F.P. (2006) Zooplankton and

ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. *Scientia Marina* 70, 189-202.

Macedo-Soares L.C.P., Brandão M.C., Koettker A.G., Menezes B.S., Stumpf L. e Freire A.S. (2010) O zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In Mohr L.V., Castro J.W.A., Costa P.M. e Válka R. (orgs) *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo - volume II*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, in press.

McConaughy J.R. (1992) Decapod larvae: dispersal mortality, and ecology. A working hypothesis. *American Zoologist* 32, 512-523.

McEwan G.E., Johnson M.W. e Folsom T.R. (1954) A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton splitter, based upon test observation. *Meteorology and Atmospheric Physics* 7, 502-527.

Melo N.F.A.C., Neumann-Leitão S., Silva T.A., Schwamborn R. e Gusmão, L.M.O. (2002) Zooplankton from the Maracajaú reefs, Northeastern Brazil. *Tropical Oceanography* 30, 133-145.

Melo-Filho, G.A.S. e Melo, G.A.S. (2001) Espécies do gênero *Munida* Leach (Crustacea, Decapoda, Galatheididae), distribuídas na costa do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 18, 1135-1176.

Monteiro A., Vaske-Júnior T., Lessa R. e Del-Eir A.C. (1998) Exocoetidae (Beloniformes) off north-east Brazil. *Cybium* 22, 395-403.

Mujica A. (2006a) Larvas de crustáceos decápodos y crustáceos holoplanctónicos en torno a la isla de Pascua. *Ciência y Tecnologia del Mar* 29, 123-135.

Mujica A. (2006b) Larvas de crustáceos decápodos del Archipiélago Juan Fernández (33° 40' S - 78° 50' W) e islas Desventuradas (26° 20' S - 80° 05' W). *Ciência y tecnología del Mar* 29, 137-152.

Omori M. (1974) The biology of pelagic shrimps in the ocean. *Advances in Marine Biology* 12, 233-324.

Peterson W.T. e Schwing F.B. (2003) A new climate regime in northeast pacific ecosystems. *Geophysical Research Letters* 30, 6 - 1-6 - 4.

Pinheiro A.P., Freire F.A.M e Oliveira J.E.L. (2003) Population biology of *Panulirus echinatus* (Decapoda, Palinuridae) from São Pedro and São Paulo archipelago, Northeastern, Brazil. *Nauplius* 11, 27-35.

Queiroga H. e Blanton J. (2005) Interactions between behavior and physical forcing in the control of horizontal transport of decapod crustacean larvae. *Advances in Marine Biology* 47, 107-214.

Queiroga H., Costlow J.D.Jr. e Moreira M.H. (1997) Vertical migration of the crab *Carcinus maenas* first zoea in an estuary: Implications for tidal stream transport. *Marine Ecology Progress Series* 237, 121-132.

Rawlinson K.A., Davenport J. e Barnes D.K.A. (2004) Vertical migration strategies with respect to advection and stratification in a semi-enclosed lough: a comparison of mero- and holozooplankton. *Marine Biology* 144, 935-946.

Rivera J. e Mujica A. (2004) Distribución horizontal de larvas de crustáceos decápodos capturadas entre Caldera e isla de Pascua (Pacífico sudoriental), octubre de 1999. *Investigaciones Marinas* 32, 37-58.

Rogers A.D. (1994) The biology of seamounts. *Advances in Marine Biology* 30, 305-350.

Rudorff C.A.G., Lorenzetti J.A., Gherardi D.F.M. e Lins-Oliveira J.E. (2009) Modeling spiny lobster larval dispersion in the Tropical Atlantic. *Fisheries Research* 96: 206-215.

Sankarankutty C., Oliveira J.E.L. e Ferreira A.C. (2001) On a large specimen of *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) from Archipelago of São Pedro and São Paulo, Brazil. *Nauplius* 9, 67-68.

Sastry A.N. (1983) Ecological aspects of reproduction. In Vernberg F.J. e Vernberg W.B. (eds) *The biology of Crustacea, volume 8*. New York: Academic Press, pp. 179-270.

Schwamborn R. e Bonecker A.C.T. (1996) Seasonal changes in the transport and distribution of meroplankton into a Brazilian estuary with

emphasis on the importance of floating mangrove leaves. *Archives of Biology and Technology* 39, 451-462.

Schwamborn R., Ekau W., Silva A.P., Silva T.A. e Saint-Paul U. (1999) The contribution of estuarine decapod larvae to marine zooplankton communities in North-East Brazil. *Archives of Fishery and Marine Research* 47, 167-182.

Schwamborn R., Neumann-Leitão S., Silva T.A., Silva A.P., Ekau, W. e Saint-Paul U. (2001) Distribution and dispersal of decapod crustacean larvae and other zooplankton in the Itamaracá estuarine system, Brazil. *Tropical Oceanography* 29: 1-17.

Shanks A.L., Largier J., Brink L., Brubaker L. e Hooff R. (2002) Observations on the distribution of meroplankton during a downwelling event and associated intrusion of the Chesapeake Bay estuarine plume. *Journal of Plankton Research* 24, 391-416.

Silva T.A., Neumann-Leitão S., Schwamborn R., Gusmão L.M.O. e Nascimento-Vieira D.A. (2003) Diel and seasonal changes in the macrozooplankton community of a tropical estuary in Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20, 439-446.

Silva-Falcão E.C, Severi W. e Rocha A.A.F. (2007) Dinâmica espacial e temporal de zoeas de Brachyura (Crustacea, Decapoda) no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 97, 434-440.

Sponaugle S., Cowen R.K., Shanks A., Morgan S.G., Leis J.M., Pineda J., Boehlert G.W., Kingsford M.J., Lindeman K.C., Grimes C. e Munro J.L. (2002) Predicting self recruitment in marine populations: biophysical correlates and mechanisms. *Bulletin of Marine Science* 70, 341-375.

Thurman H.V. e Burton E.A. (2001) *Introductory oceanography*, 9th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Press.

Travassos P., Hazin F.H.V., Zagaglia J.R., Advíncula R. e Schober J. (1999) Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery Marine Research* 47, 211-222.

Underwood A.J. (2006) *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*, 9th ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Valentin J.L. (2000) *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Editora Interciência.

Viana G.F.S., Ramos-Porto M. e Torres M.F.A. (2004) Crustáceos decápodos coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE* 12, 43-50.

Zar J.H. (1996) *Biostatistical analysis*, 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall.

4 CAPÍTULO 2 - Dois padrões de distribuição de larvas de Decapoda no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) e *Sergestes edwardsi* Krøyer, 1855

Artigo formatado para submissão segundo as regras da revista Journal of Plankton Research.

Dois padrões de distribuição de larvas de Decapoda no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) e *Sergestes edwardsi* Krøyer, 1855

Manoela Costa Brandão¹, Andrea Santarosa Freire¹ e Andréa Green Koettker²

¹Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina, 88010-970, Florianópolis, Brasil. ²Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 05508-120, São Paulo, Brasil.

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é composto por duas assembléias diferentes de larvas de Decapoda, uma na enseada e outra em suas águas adjacentes. Larvas de Grapsus grapsus e de Sergestes edwardsi são encontradas nas águas superficiais do arquipélago e funcionam como bons indicadores da enseada e das águas adjacentes, respectivamente. Estas espécies foram utilizadas como modelo de distribuição para as larvas de Decapoda nos dois ambientes distintos do arquipélago. Amostras de plâncton foram coletadas em oito expedições, entre abril de 2003 e julho de 2005. Os arrastos horizontais na superfície foram realizados na enseada e em quatro distâncias em relação ao arquipélago, de dia e à noite, com rede de 200 µm. Larvas de G. grapsus ocorreram em todos os meses de coleta, apresentando abundância significativamente superior na enseada e no período noturno. Para esta espécie foram amostradas somente larvas no estágio de zoé I, indicando a importância do local para reprodução. A distribuição das larvas de S. edwardsi foi típica de uma espécie holoplancônica, mostrando que as ilhas não exercem muita influência sobre estas.

Palavras-chave: larvas, Decapoda, meroplâncton, holoplâncton, distribuição.

INTRODUÇÃO

Durante o período planctônico, as larvas estão expostas à variação de diversos fatores ecológicos, que influenciam suas chances de sobrevivência, desenvolvimento, dispersão e recrutamento (Anger, 2001). A abundância e distribuição das larvas de Decapoda no ambiente marinho são influenciadas por fatores como: temperatura, salinidade,

luz, taxas de mortalidade de cada estágio, disponibilidade de alimento, migração vertical, distância em relação aos locais de desova, velocidade e direção das correntes e duração do período pelágico (e.g. Sastry, 1983; Anger, 2001; Queiroga e Blanton, 2005).

A presença de larvas de determinadas espécies numa amostra de plâncton indica a presença das espécies adultas correspondentes na região (Boltovskoy, 1981). Já a presença do primeiro estágio larval indica que a reprodução ocorre no local (Anger, 2001).

A dispersão larval ocorre quando: (1) conforme aumenta o tempo e a distância a partir do estágio de eclosão larval e da população parental, os estágios larvais encontrados são mais desenvolvidos e (2) o primeiro estágio larval encontra uma corrente superficial que o afasta da população parental e quanto maior o afastamento da população parental, menos larvas são encontradas. Por outro lado, a presença de todos os estágios de desenvolvimento somente próximo ao ambiente parental ao longo da coluna de água indica que ocorre retenção larval. Estudos atuais sugerem cada vez mais que a retenção larval no hábitat natal é mais frequente do que se suspeitava e, portanto, que as populações devem ser menos abertas (ou mais fechadas) do que se pensava originalmente (Sponaugle et al., 2002; Levin, 2006). A maior parte dos artigos publicados recentemente sobre dispersão enfatiza a retenção e tende a ignorar as larvas que não ficam retidas. Porém, mesmo que uma pequena porcentagem recrute em outro local, a significância desta porcentagem é grande para a conectividade (Levin, 2006).

Larvas de Decapoda executam a migração vertical, principalmente a migração noturna. Esta ocorre quando as larvas descem para maiores profundidades durante o dia, evitando a exposição a predadores visuais, raios ultravioletas e parâmetros físico-químicos indesejados, e sobem para a superfície à noite em busca principalmente de alimento. A capacidade de controlar a posição vertical na coluna de água permite, de certa forma, o controle da extensão e direção da dispersão horizontal (Queiroga e Blanton, 2005).

Iilhas normalmente constituem perturbações nos sistemas de fluxo oceânico, determinando variações na biomassa e na produção biológica nas regiões adjacentes, devido principalmente a processos advectivos (Boehlert et al., 1992).

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é composto por duas assembléias diferentes de larvas de Decapoda, uma na enseada e outra nas águas adjacentes (Koettker et al., 2010).

Neste estudo, larvas das espécies *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) e *Sergestes edwardsi* Krøyer, 1855 foram usadas como

representantes de dois grupos funcionais distintos, determinados em função do ambiente habitado pelos adultos: bentônico ou pelágico, respectivamente. *Grapsus grapsus* foi a espécie cujas larvas apresentaram a maior abundância relativa nas águas da enseada, enquanto *S. edwardsi* foi a espécie holoplanctônica cujas larvas apresentaram maior abundância relativa e frequência de ocorrência nas águas adjacentes ao ASPSP (Koettker et al., 2010). O padrão de abundância e distribuição larval encontrado em quatro meses (distribuídos em um ano de coletas do ASPSP) para *G. grapsus* foi semelhante ao encontrado para outros Decapoda bentônicos, como *Plagusia depressa* (Fabricius, 1775), *Platypodiella spectabilis* (Herbst, 1794) e outras espécies de Grapsidae, Xanthidae e Alpheidae. Já o padrão encontrado para *S. edwardsi* foi observado também para *Sergestes curvatus* Crosnier & Forest, 1973, *Sergestes henseni* (Ortmann, 1893) e para os gêneros *Gennadas* Bate, 1881 e *Lucifer* Thompson, 1829 (Koettker et al., 2010).

Grapsus grapsus é uma espécie de caranguejo semi-terrestre e carnívoro que ocorre preferencialmente em ilhas oceânicas. É uma espécie muito comum nos costões rochosos das ilhas oceânicas brasileiras e de todo o Oceano Atlântico, distribuindo-se da Flórida (EUA) até o Espírito Santo (Brasil), no Atlântico Ocidental; e da Califórnia (EUA) ao Chile e Galápagos, no Pacífico Oriental (Melo, 1996). Apesar de sua ampla distribuição geográfica, ainda é uma espécie pouco estudada (Romero, 2003). Até o momento só está descrito seu primeiro estágio larval (Guerao et al., 2001). Esta espécie domina a macrofauna bentônica das rochas emersas do ASPSP (Holthuis et al., 1980), dependendo exclusivamente deste ambiente para se reproduzir e tendo como meio de dispersão apenas as correntes marinhas superficiais.

No Brasil, o gênero *Sergestes* H. Milne Edwards, 1830 apresenta duas espécies: *Sergestes atlanticus* (H. Milne Edwards, 1830) e *S. edwardsi*. *Sergestes edwardsi* é uma espécie oceânica pelágica, havendo registros de captura entre a superfície e 5.100 m de profundidade. Sua distribuição está restrita ao Atlântico, de Terra Nova (Canadá) até o Rio Grande do Norte (Brasil), no Atlântico Ocidental; e da Ilha da Madeira (Portugal) a Angola, no Atlântico Oriental (Melo, 1996). Adultos desta espécie foram amostrados à noite próximo à superfície e durante o dia em maiores profundidades no ASPSP (Holthuis et al., 1980).

O objetivo do presente trabalho é descrever a distribuição de *Grapsus grapsus* e *Sergestes edwardsi* nas águas superficiais do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

MÉTODOS

Área de estudo

O ASPSP é um dos menores e mais isolados grupos de ilhas oceânicas do mundo, sendo o único arquipélago oceânico brasileiro no Hemisfério Norte. É constituído por dez ilhotas e várias pontas de rochas, cobrindo uma área de aproximadamente 16.000 m². Localiza-se no Oceano Atlântico Equatorial, nas proximidades da Cordilheira Meso-Atlântica (0°55'N e 29°21'W), a aproximadamente 500 km do arquipélago mais próximo (Fernando de Noronha), 1.000 km da costa brasileira e 1.890 km do Senegal, na costa africana (Fig. 4.1). As rochas que constituem o ASPSP se elevam de profundidades abissais, aproximadamente 4.000 m, até poucos metros acima da superfície (Edwards e Lubbock, 1983a; Edwards e Lubbock, 1983b; Feitoza et al., 2003).

As quatro maiores ilhotas (Belmonte, São Paulo, São Pedro e Barão de Teffé) estão separadas por pequenos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre 4 e 25 m (Feitoza et al., 2003) (Fig. 4.2). Na ilhota Belmonte, que apresenta a maior área emersa, foram construídos um farol e uma estação científica que abriga os pesquisadores que participam do programa de pesquisas científicas no local.

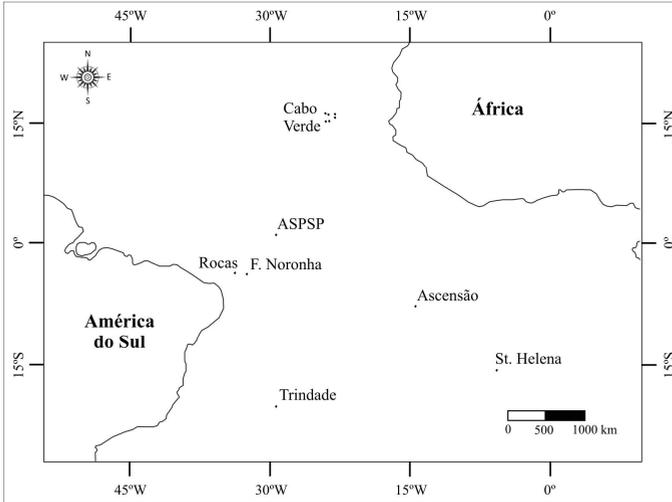


Figura 4. 1 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) em relação às demais ilhas oceânicas, costa da América do Sul e da África.
 Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.

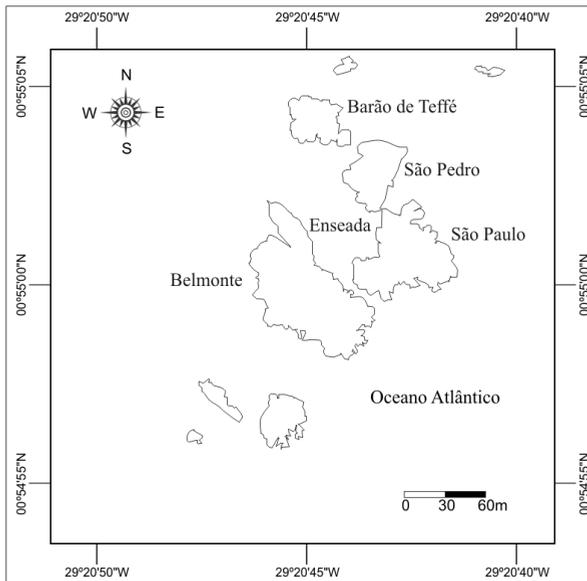


Figura 4. 2 - Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) mostrando a localização das ilhotas e da enseada. Autor: Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares.

Amostragem e processamento

Entre abril de 2003 e julho de 2005 foram realizadas oito expedições ao ASPSP: em abril, agosto e novembro de 2003; março e novembro/dezembro de 2004; janeiro, maio e julho de 2005. Em cada uma das expedições foram realizados 18 arrastos de plâncton em quatro distâncias em relação à ilha Belmonte, com o mesmo número de réplicas de dia (durante a manhã) e à noite (céu escuro). A partir de agosto de 2003 foram coletadas amostras na enseada, 3 de dia e 3 à noite, somando 24 amostras por expedição e 186 amostras no total. As amostras coletadas ao redor do ASPSP foram denominadas de mar aberto.

As amostras do mar aberto foram coletadas em quatro diferentes distâncias em relação ao ASPSP: D1 (< 500 m); D2 (entre 501 e 1.200 m); D3 (entre 1.201 e 2.000 m) e D4 (> 2.001 m) (Fig. 4.3).

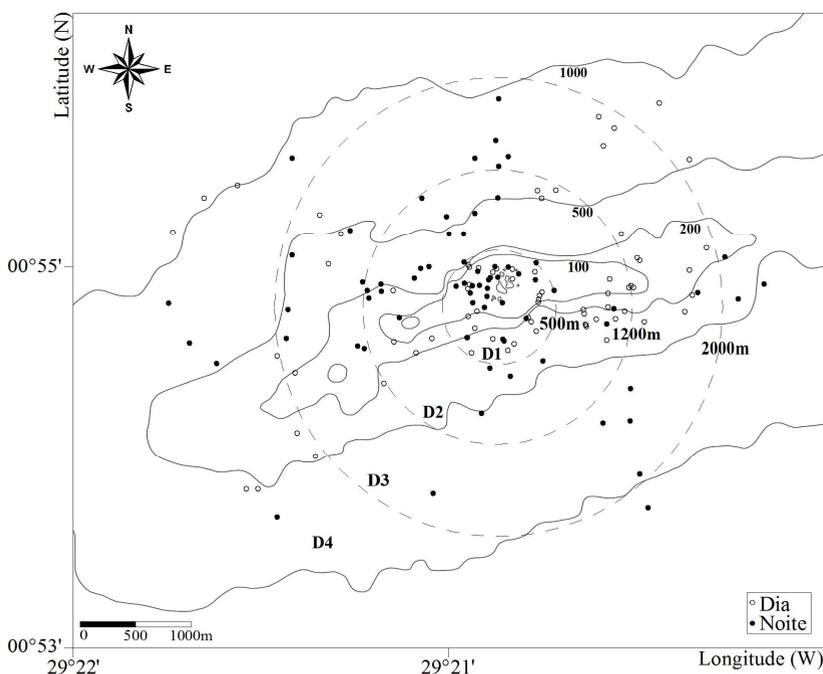


Figura 4.3 - Localização das 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto ao longo das oito expedições, mostrando os locais das coletas diurnas e noturnas.

Os arrastos de plâncton de 10 minutos foram horizontais e na superfície, realizados com uma rede cônico-cilindrica de 50 cm de diâmetro de boca e 200 μm de malha, com fluxômetro General Oceanics[®] acoplado. Em cada estação de coleta foram registrados dados de temperatura (termômetro) e salinidade (refratômetro) superficiais e as coordenadas de latitude e longitude (GPS). As amostras foram fixadas em formaldeído à concentração final de 4%, tamponado com tetraborato de sódio. Algumas amostras foram subamostradas com o Subamostrador de Folsom (McEwan et al., 1954) antes da triagem em frações que variaram de 1/2 até 1/32.

As larvas de *Grapsus grapsus* e *Sergestes edwardsi* foram identificadas de acordo com Guerao et al. (2001) e Gurney e Lebour (1940), respectivamente. A identificação foi feita sob microscópio estereoscópio (Nikon[®] Type 104) e ótico (Studarlab[®]).

Análise de dados

Para as larvas de *Grapsus grapsus* os dados da enseada e do mar aberto foram analisados separadamente na análise de variância (ANOVA), devido à grande diferença de valores de abundância encontrada entre os ambientes. Para as larvas de *Sergestes edwardsi* os dados da enseada e do mar aberto foram analisados em conjunto na ANOVA, pois a amplitude de valores entre os dois ambientes é a mesma. Para ambas as espécies, só foram consideradas duas distâncias em relação ao ASPSP: D1 (< 500 m) e > D3 (> 1.201 m), por apresentarem o mesmo número de réplicas em todos os meses de coleta e nos períodos do dia. Apenas na ANOVA de 1 fator, aplicada aos dados de abundância de *G. grapsus* coletadas à noite, foram consideradas todas as distâncias de amostragem.

A ANOVA de 3 fatores foi usada para avaliar o efeito da distância, mês e período do dia na abundância de larvas de *S. edwardsi* da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo. A ANOVA de 2 fatores foi usada para investigar o efeito do mês e período do dia na temperatura e salinidade da água da enseada e do mar aberto ao mesmo tempo e na abundância de larvas de *G. grapsus* da enseada. A ANOVA de 2 fatores também foi usada para investigar o efeito da distância e mês na abundância de larvas de *G. grapsus* do mar aberto. A fim de verificar o efeito da distância na abundância de larvas de *G. grapsus* da enseada e do mar aberto coletadas à noite, a ANOVA de 1 fator foi usada. Os dados biológicos foram transformados em $\log(x+1)$. Os testes de Shapiro-Wilks e de Bartlett foram aplicados *a priori* e o de Tukey *a*

posteriori (Zar, 1996; Underwood, 2006). Os testes foram realizados no programa STATISTICA 7.

Foram elaborados mapas de distribuição da abundância das larvas de *G. grapsus* e *S. edwardsi* no programa Golden Software Surfer 8, através da plotagem da abundância referente a cada ponto amostral.

RESULTADOS

A temperatura média da água variou de 26,4°C em novembro a 28,7°C em janeiro, sendo significativamente superior em janeiro de dia e inferior nas coletas de agosto e novembro de 2003, em ambos os períodos do dia. A salinidade variou de 36,0 em abril e maio a 37,7 em julho, sendo significativamente inferior em abril e maio nos dois períodos do dia, com exceção de agosto e novembro/dezembro à noite. (Tabela 4.1 e Fig. 4.4).

Tabela 4. 1 - Resultado da ANOVA de 2 fatores para temperatura e salinidade da água, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 176.

	Temporal	Nictemeral	F1 x F2
Graus de liberdade	3	1	3
Temperatura	140,0**	6,0*	9,0**
Salinidade	31,6**	1,4 ^{ns}	5,5 ^{ns}

Do total de 186 amostras coletadas nas águas superficiais do ASPSP (144 no mar aberto e 42 na enseada) ao longo de oito expedições, larvas de *Grapsus grapsus* foram capturadas em 47 amostras, sendo 27 da enseada e 20 do mar aberto. Destas amostras, 39 foram coletadas à noite enquanto apenas 8 foram coletadas de dia. Larvas de *G. grapsus* ocorreram em todas as amostras coletadas na enseada no período noturno, apresentando valores de abundância que variaram de 24 a 8.018 larvas · 100 m⁻³. Todas as larvas de *G. grapsus* amostradas no presente trabalho se encontravam no primeiro estágio larval.

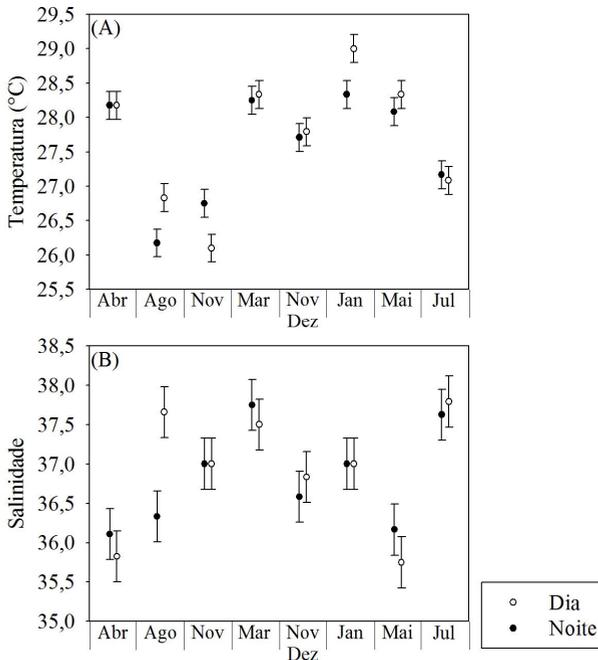


Figura 4.4 - Variação dos parâmetros ambientais (média e erro padrão) coletados no ASPSP, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) interação da temperatura e (B) interação da salinidade.

Larvas de *G. grapsus* ocorreram somente em 14% das amostras do mar aberto, variando de zero a 175 larvas · 100 m⁻³. Nas distâncias D1 e > D3 não foram encontradas larvas de *G. grapsus* no período diurno em nenhum mês. No período diurno estas larvas só ocorreram em 2 amostras, ambas coletadas em D2, uma de janeiro e outra de maio, apresentando abundância de 1 e 17 larvas 100 m⁻³, respectivamente.

A abundância média de larvas na enseada à noite (1.569 ± 438 larvas · 100 m⁻³) foi muito maior que nas demais situações. Neste período, foi observada uma tendência de diminuição da abundância média de larvas à medida que aumenta a distância em relação ao ASPSP. Nas coletas diurnas, a abundância média foi de 18 ± 10 larvas 100 m⁻³ na enseada, equivalente ao valor encontrado em D1 à noite (14 ± 7 larvas · 100 m⁻³) (Fig. 4.5).

Ao testar a variação espacial da abundância de larvas de *G. grapsus* coletadas à noite em todos os meses de coleta, foi verificado

que a abundância é significativamente superior na enseada em relação às amostras coletadas em todas as distâncias do mar aberto (Graus de liberdade = 4; $F = 82,7$; $p = 0,00$; Graus de liberdade do erro = 88) (Fig. 4.5).

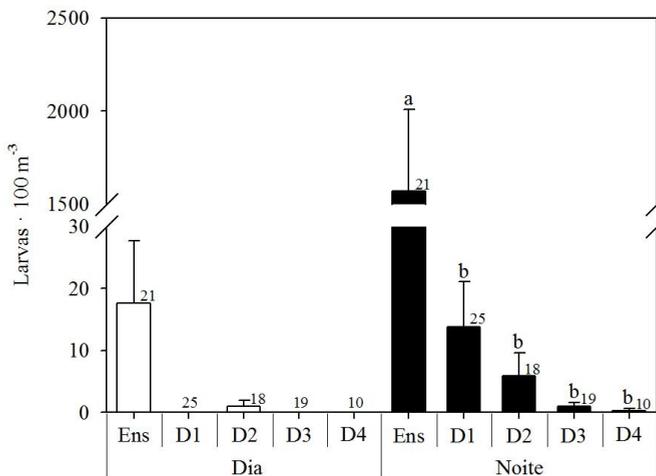


Figura 4. 5 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas na enseada (Ens) e em todas as distâncias (D1, D2, D3 e D4) de dia e à noite em todos os meses de coleta. Números indicam o total de réplicas (n). Letras indicam o resultado do teste de Tukey para as amostras coletadas à noite (letras diferentes representam médias significativamente diferentes).

Quando analisadas somente as amostras coletadas no mar aberto, a abundância de larvas de *G. grapsus* foi significativamente superior em maio em relação a novembro de 2003 e janeiro. Em relação às distâncias, D1 apresentou abundância de larvas significativamente maior que > D3 (Tabela 4.2 e Fig. 4.6).

Tabela 4. 2 - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas à noite no mar aberto, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 32.

	Temporal	Espacial	F1 x F2
Graus de liberdade	7	1	7
<i>Grapsus grapsus</i>	3,1*	9,9**	1,5 ^{ns}

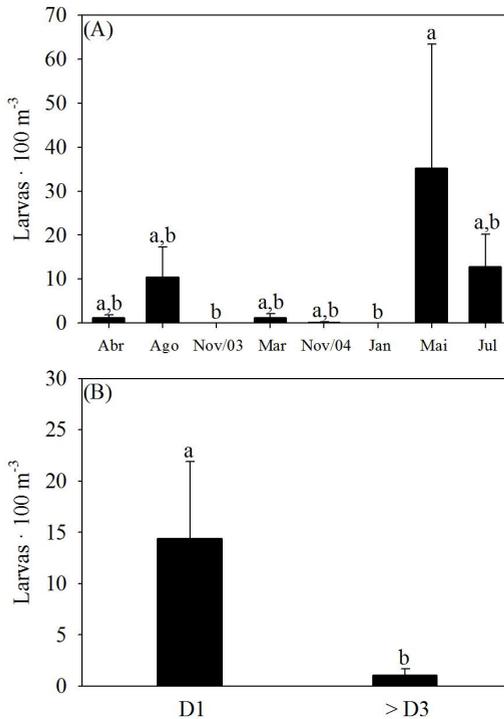


Figura 4.6 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas à noite no mar aberto, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação temporal e (B) variação espacial.

Na enseada também ocorreu variação significativa entre os meses de coleta, sendo que a abundância de larvas foi significativamente inferior em novembro em relação a julho. Através do histograma observa-se que novembro apresenta menos larvas que os demais meses e que maio foi o mês que apresentou maior abundância média de larvas de *G. grapsus* na enseada. Com relação à variação nictemeral, a abundância de larvas foi significativamente superior à noite (Tabela 4.3 e Fig. 4.7).

Tabela 4. 3 - Resultado da ANOVA de 2 fatores para abundância de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas na enseada, mostrando os valores de F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo. Graus de liberdade do erro: 28.

	Temporal	Nictemeral	F1 x F2
Graus de liberdade	6	1	6
<i>Grapsus grapsus</i>	2,8*	163,8**	1,3 ^{ns}

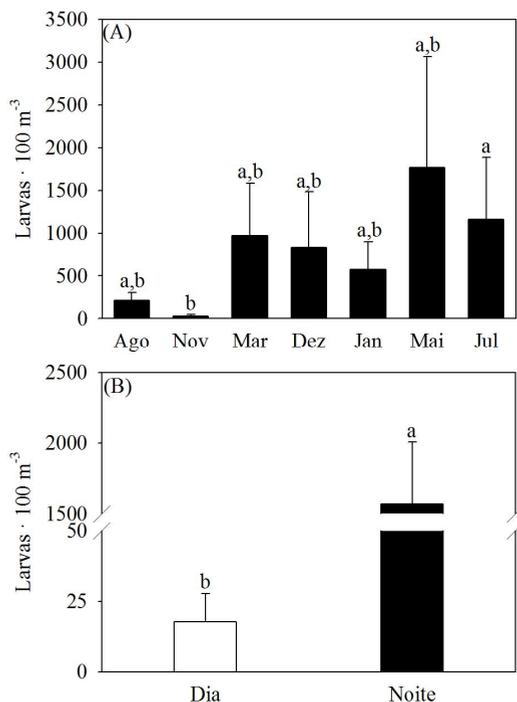


Figura 4. 7 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de *Grapsus grapsus* coletadas na enseada, ilustrando os resultados da ANOVA e do teste de Tukey (letras diferentes representam médias significativamente diferentes): (A) variação temporal e (B) variação nictemeral.

O mapa de distribuição das larvas de *G. grapsus* indica que existe uma maior concentração de larvas na enseada e em D1. Larvas amostradas em D2 foram coletadas a leste e a oeste do ASPSP (Fig. 4.8).

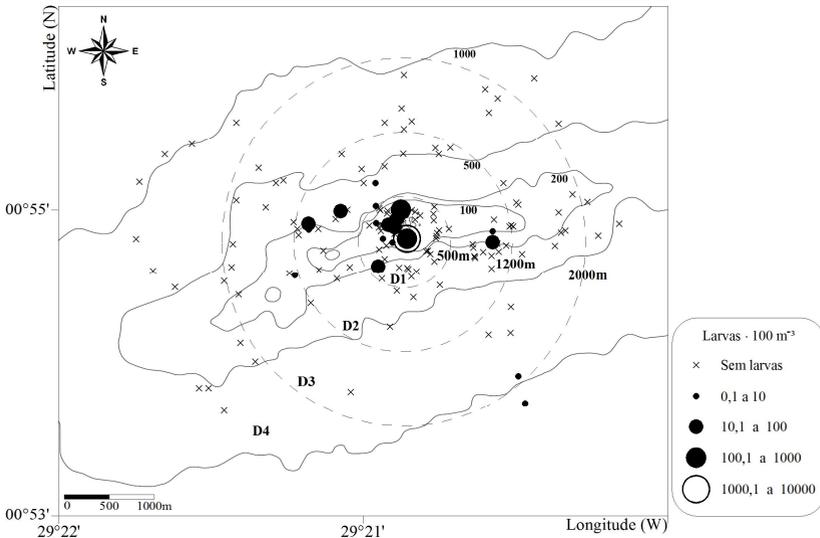


Figura 4. 8 - Distribuição da abundância de larvas de *Grapsus grapsus* (larvas · 100 m⁻³) nas 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto.

Larvas de *Sergestes edwardsi* foram encontradas em 61 amostras, sendo 9 da enseada e 52 do mar aberto. Dentre estas, 41 foram coletadas à noite e 20 de dia. Larvas de *S. edwardsi* ocorreram em 33% das amostras coletadas no mar aberto e em 21% das amostras da enseada. A abundância de larvas variou de zero a 35 larvas 100 m⁻³ no mar aberto e de zero a 8 larvas 100 m⁻³ na enseada. Larvas desta espécie foram amostradas em todos os estágios de misis (I, II e III). Além disso, foram amostradas protozoés II e III do gênero *Sergestes*, protozoés I e decapoditos de Sergestidae. Dentre estes provavelmente estão larvas de *S. edwardsi*.

Quando analisados todos os meses juntos, larvas de *S. edwardsi* apresentaram maior abundância média em D1 à noite. A ordem de grandeza da abundância de larvas na enseada, no mar aberto e nos períodos do dia foi a mesma. Foi observada uma tendência de que as larvas desta espécie ficam mais afastadas do arquipélago de dia e mais próximas à noite (Fig. 4.9).

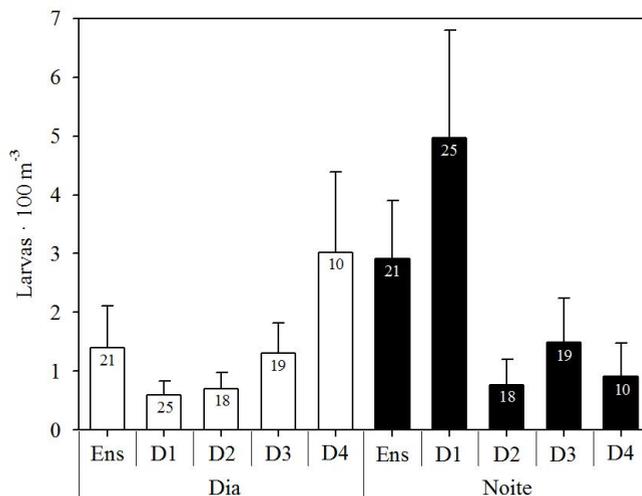


Figura 4.9 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de *Sergestes edwardsi* coletadas na enseada (Ens) e em todas as distâncias (D1, D2, D3 e D4) de dia e à noite em todos os meses de coleta. Números indicam o total de réplicas (n).

Quando as diferenças entre os meses de coleta também foram levadas em consideração, a ANOVA para esta espécie apresentou interação significativa entre os fatores temporal, espacial e nictemeral, sendo que a maior abundância média foi encontrada em maio à noite na distância > D3 (Tabela 4.4 e Fig. 4.10).

Tabela 4.4 - Resultado da ANOVA de 3 fatores para abundância de larvas de *Sergestes edwardsi* coletadas na enseada e no mar aberto, mostrando os valores de F. ** p < 0,01. Graus de liberdade do erro: 84.

	Temporal	Espacial	Nictemeral	F1 x F2	F1 x F3	F2 x F3	F1 x F2 x F3
Graus de liberdade	6	2	1	12	6	2	12
<i>Sergestes edwardsi</i>	22,7**	17,6**	30,4**	6,1**	3,4**	10,9**	5,2**

Maiores valores de abundância de larvas de *S. edwardsi* foram observados em amostras coletadas a aproximadamente 1.200 m a oeste do ASPSP. Na maior parte das amostras em que larvas desta espécie ocorreram, a abundância foi inferior a 10 larvas · 100 m⁻³. As larvas foram amostradas ao longo de todas as distâncias ao redor do ASPSP e na enseada (Fig. 4.11).

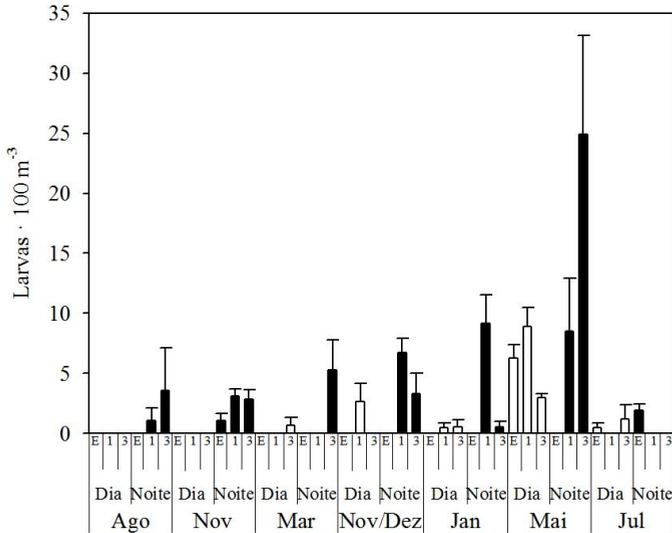


Figura 4. 10 - Abundância (média e erro padrão) de larvas de *Sergestes edwardsi* coletadas na enseada (E) e no mar aberto (1: D1, 3: > D3), ilustrando os resultados da ANOVA.

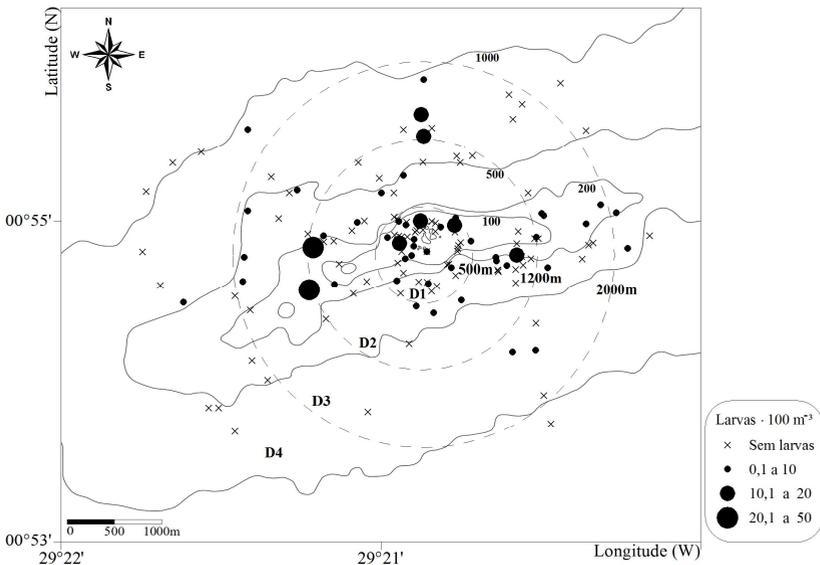


Figura 4. 11 - Distribuição da abundância de larvas de *Sergestes edwardsi* (larvas · 100 m⁻³) nas 186 amostras coletadas na enseada e no mar aberto.

DISCUSSÃO

Os valores de temperatura e salinidade medidos no presente trabalho estão dentro do registrado para águas oceânicas tropicais (25 a 29°C e 35 a 37) (King, 1967), exceto pela salinidade no mês de julho que foi superior a 37. Quando comparados com dados registrados para o ASPSP (27,2 a 27,5°C e 35,4 a 35,6) (Travassos et al., 1999), a temperatura foi inferior em novembro e superior em janeiro, e a salinidade foi superior em todos os meses.

Provavelmente o mar aberto é constituído por muitas espécies que apresentam baixa frequência de ocorrência, como a maior parte das que foi amostrada, não sendo tão facilmente capturadas. O aumento do esforço amostral neste ambiente deve acarretar o aumento da riqueza de espécies. Já nas águas da enseada, a maior parte das espécies encontradas apresentou alta frequência de ocorrência. Desta forma, neste ambiente, mesmo que o esforço de coleta fosse muito aumentado, provavelmente não seriam acrescentadas novas ocorrências de espécies.

A presença das larvas de *Grapsus grapsus* em todas as amostras e os altos valores de abundância verificados à noite na enseada evidenciam a predominância de desovas noturnas. A preferência pelo período noturno para a desova é documentada para diversas espécies bentônicas e está relacionada com as menores taxas de predação, favorecendo a sobrevivência das larvas recém-eclodidas (e.g. Christy, 1982; Yamaguchi, 2001). Fêmeas ovígeras de *G. grapsus* foram encontradas em todas as estações do ano no ASPSP (Freire et al., 2010), corroborando com os resultados encontrados para as larvas e indicando que a reprodução é contínua para esta espécie no ASPSP.

Larvas de caranguejo constituem um dos principais recursos alimentares de peixes planctívoros (e.g. Morgan, 1990; Morgan e Christy, 1997; Hovel e Morgan, 1997), sendo que as larvas menores e com menos espinhos são as mais vulneráveis e preferidas pelos peixes, já que os espinhos dificultam a ingestão (Morgan e Christy, 1997). Larvas de *G. grapsus* são relativamente pequenas em relação a outras larvas de caranguejo e não apresentam espinhos laterais. Estas características morfológicas e os altos valores de abundância encontrados na enseada sugerem que larvas de *G. grapsus* servem como importante recurso alimentar para os peixes planctívoros que habitam a região, contribuindo para a cadeia alimentar pelágica marinha e atuando como uma espécie chave neste ecossistema. A contribuição das larvas de caranguejo para a cadeia alimentar pelágica já foi registrada na relação manguezal/plataforma (Schwamborn et al., 1999) e pela

altíssima concentração (100 a 100.000 larvas · 100 m⁻³) de larvas recém-eclodidas de *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) em um costão rochoso tropical (Flores et al., 2007).

Uma população adulta de *G. grapsus* é mantida nas rochas emersas do ASPSP (Holthuis et al., 1980; Madeira, 2008; Freire et al., 2010). A diminuição gradativa da abundância de larvas à medida que aumentou a distância em relação ao arquipélago e o fato de só ter sido amostrado o primeiro estágio larval sugerem que a população parental destas larvas está no ASPSP. Larvas das espécies bentônicas *Calcinus tubularis* (Linnaeus, 1767) e *Scyllarides latus* (Latreille, 1802) foram amostradas no estágio de zoé III em uma região próxima a das Ilhas Canárias, mas devido à longa distância a outros arquipélagos e aos baixos valores de abundância, os autores propuseram que a origem mais provável destas larvas eram as Ilhas Canárias (Landeira et al., 2010).

Embora só o primeiro estágio larval de *G. grapsus* esteja descrito, a descrição do desenvolvimento larval completo foi feita para outras espécies de Grapsidae (e.g. Brossi-Garcia e Rodrigues 1997; Rieger e Vieira, 1997; Rieger e Santos 2001). A duração do período larval para estas espécies é de aproximadamente 30 dias, sendo que as larvas recém-eclodidas permanecem no estágio de zoé I cerca de 4 dias antes de executar a muda para o próximo estágio larval, tornando ainda mais inviável a hipótese de que as larvas de *G. grapsus* tenham sido geradas em outros locais, pois o ASPSP está a mais de 500 km de distância do arquipélago mais próximo (Fernando de Noronha). Muitas populações bentônicas apresentam somente uma pequena proporção dos seus recrutamentos subsidiados por fontes externas (Pascual e Caswell, 1991) e quanto maior o grau de isolamento de um local mais provável é a hipótese de que as populações sejam inteiramente mantidas por auto-recrutamento (Sponaugle et al., 2002).

Se considerarmos que uma larva se comporta como uma partícula inerte e levarmos em consideração que a velocidade com que a ramificação equatorial da Corrente Sul Equatorial (CSEE) alcança ao passar pelo ASPSP (5,6 km · h⁻¹) (Edwards & Lubbock, 1983b) é constante, até podemos supor que, após 4 dias, é possível que uma larva no estágio de zoé I alcance Fernando de Noronha. No entanto, a pequena porcentagem (0,04%) de larvas de *G. grapsus* encontrada a apenas 2 km de distância do ASPSP (D4) indica que não existe conectividade atual e contínua entre a população do ASPSP e das demais ilhas oceânicas do Atlântico Equatorial. Em uma conexão eficiente, como por exemplo, entre costa/plataforma/costa, a dispersão das larvas pode alcançar distâncias de até 15 km, como foi verificado na costa nordeste do Brasil

(Schwamborn et al., 1999).

Populações marinhas variam de inteiramente fechadas (populações auto-suficientes, como as de espécies endêmicas de ilhas onde 100% do recrutamento é referente ao assentamento de descendentes produzidos por aquela população) a populações completamente abertas, recrutando somente uma proporção relativamente pequena do seu próprios descendentes e recebendo um elevado número de recrutas de outras populações (Sponaugle et al., 2002).

Apesar de não terem sido amostradas larvas adiantadas, o isolamento geográfico da região associado aos baixos valores de abundância larval encontrados nos pontos mais afastados do arquipélago indicam que algum processo físico deve manter as larvas de *G. grapsus* na região do ASPSP e algum processo biológico deve fazer com que as larvas mais adiantadas habitem os estratos mais profundos da coluna de água. Larvas mais adiantadas tendem a permanecer nas maiores profundidades, enquanto as larvas iniciais são mais abundantes na superfície (Queiroga e Blanton, 2005). Vórtices aumentam a retenção larval em regiões próximas a ilhas (Sponaugle et al., 2002; Queiroga & Blanton, 2005), além de aumentar a produção planctônica devido ao bombeamento de nutrientes na zona eufótica (Aristegui et al., 1994), providenciando, desta forma, um ambiente adequado para a sobrevivência larval. Entretanto, pouco se conhece sobre este tipo de fenômeno na região do ASPSP. Para construir um padrão de transporte larval é fundamental o conhecimento do padrão de circulação da água (Boicourt, 1982).

A ausência de larvas de *G. grapsus* nos estágios subseqüentes ao de eclosão, tendo em vista a manutenção da população adulta nas rochas, sugere que os estágios mais avançados do desenvolvimento de *G. grapsus* estejam nos estratos mais profundos da coluna de água. Landeira et al. (2010) realizaram arrastos oblíquos na área das Ilhas Canárias, a partir de 200 m de profundidade, e amostraram larvas de Decapoda em estágios mais avançados de desenvolvimento. Neste mesmo estudo não foram amostradas larvas de *G. grapsus*, embora a presença de adultos desta espécie esteja registrada para a região (Melo, 1996).

Larvas de *Sergestes edwardsi* ocorreram com maior frequência de ocorrência nas amostras do mar aberto. Larvas e adultos de Sergestidae são altamente adaptados a regiões de oceano aberto (Omori, 1974). Os valores de abundância encontrados para *S. edwardsi* no ASPSP foram semelhantes aos obtidos para outras espécies de Sergestidae dominantes

de outras regiões oceânicas, como no sul do Brasil (Calazans, 1994). A predominância de larvas de Dendrobranchiata, principalmente representadas por larvas de Sergestidae, em diferentes estágios de desenvolvimento, foi verificada por Koettker et al. (2010) ao redor do ASPSP. Mujica (2006) verificou a ocorrência de larvas do gênero *Sergestes* em estações de características oceânicas no entorno da Ilha de Páscoa.

A distribuição relativamente homogênea nas diferentes estações de coleta sugere que as larvas de *S. edwardsi* até podem se beneficiar com a proximidade do arquipélago, mas, como são independentes de qualquer tipo de substrato, não mostraram uma forte associação com o arquipélago. A distribuição de larvas de Sergestidae no entorno da ilha de Páscoa também foi homogênea (Mujica, 2006).

As duas espécies analisadas habitam compartimentos biológicos distintos na fase adulta, acarretando na manutenção de diferentes adaptações ecológicas. Espécies com alto investimento parental, como *G. grapsus*, aumentam a sobrevivência dos ovos, larvas e até dos juvenis, assim como favorecem o auto-recrutamento, promovendo a retenção nas proximidades do ambiente parental. Por outro lado, espécies cujos ovos fecundados são desovados, como os camarões Sergestidae, têm ovos relativamente menores e larvas com menor capacidade de permanecer próximas a população fonte (Sponaugle et al., 2002). Os resultados sugerem a presença de um possível mecanismo de retenção larval para as espécies bentônicas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, enquanto que as larvas de espécies pelágicas se distribuem amplamente pela região oceânica ao redor do arquipélago.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina pelas bolsas concedidas à primeira autora, à FAPESP (05/58085-5) pela bolsa concedida à terceira autora e ao CNPq (48.0040/2004-4 e 55.8470/2005-0) pelo apoio financeiro. À CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) e tripulações dos barcos “Transmar I” e “Transmar II” pelo apoio logístico nas coletas de plâncton. Aos alunos e técnicos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que ajudaram na triagem das amostras. Agradecemos também ao Luis Carlos Pinto de Macedo-Soares (Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC) pela confecção dos mapas.

REFERÊNCIAS

- Anger, K. (2001) *The biology of decapod crustacean larvae*. A.A. Balkema Publishers, Lisse.
- Aristegui, J., Sangrá, P., Hernández-León, S., Cantón, M., Hernández-Guerra, A. e Kerling, J.L. (1994) Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep-Sea Res. I*, 41, 1509-1525.
- Boehlert, G., Watson, W. e Sun, L.C. (1992) Horizontal and vertical distributions of larval fishes around an isolated oceanic island in the tropical Pacific. *Deep-Sea Res. I*, 39, 439-466.
- Boicourt, W.C. (1982) Estuarine larval retention mechanisms on two scales. In: Kennedy, V.S. (ed.). *Estuarine Comparisons*. Academic Press, New York. p 445-457.
- Boltovskoy, D. (1981) *Atlas del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata, Argentina.
- Brossi-Garcia, A.L. e Rodrigues, M.D. (1997) Zoal morphology of *Pachygrapsus transversus* (Gibbes) (Decapoda, Grapsidae) reared in the laboratory. *Rev. Bras. Zool.*, 14, 803-819.
- Calazans, D. (1994) Morphology, abundance and distribution of larval phases of two Sergestids in the Southern Brazilian coast. *Nauplius*, 2, 75-86.
- Christy, J.H. (1982) Adaptive significance of semilunar cycles of larval release in fiddler crabs (Genus *Uca*): test of a hypothesis. *Biol. Bull.*, 163, 251-263.
- Edwards, A.J. e Lubbock, R. (1983a) The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic). *J. Zool.*, 200, 51-69.
- Edwards, A.J. e Lubbock, R. (1983b) Marine zoogeography of St Paul's Rocks. *J. Biogeogr.*, 10, 65-72.
- Feitoza, B.M., Rocha, L.A., Luiz-Jr., O.J., Floeter, S.R. e Gasparini, J.L. (2003) Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic*

Biology, 7, 61-82.

Flores, A.A.V., Mazzuco, A.C.A. e Bueno, M. (2007) A field study to describe diel, tidal and semilunar rhythms of larval release in an assemblage of tropical rocky shore crabs. *Mar. Biol.*, 151, 1989-2002.

Freire, A.S., Pinheiro, M.A.A., Teschima, M.M., Madeira, L., Koettker, A.G., Silva, H. e D'Incao F. (2010) Biologia de *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Brachyura) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Maturidade Sexual, Fecundidade, Crescimento e Ecologia Larval. In Mohr, L.V., Castro, J.W.A., Costa, P.M. e Válka R. (orgs) *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo - volume II*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, in press.

Guerao, G., Schubart, C.D. e Cuesta, J.A. (2001) The first zoeal stages of *Grapsus grapsus* (Linnaeus) and *Geograpsus lividus* (H. Milne Edwards) (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) from the western Atlantic. *Nauplius*, 9, 111-121.

Gurney, R. e Lebour, M.V. (1940) Larvae of Decapod Crustacea. Part VI. The Genus *Sergestes*. *Discovery Reports*, 20: 1-68.

Holthuis, L.B., Edwards, A.J. e Lubbock, H.R. (1980) The decapod and stomatopod Crustacea of St. Paul's Rocks. *Zool. Meded.*, 56, 27-51.

Hovel, K.A. e Morgan, S.G. Planktivory as a selective force for reproductive synchrony and larval migration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 157, 79-95.

King, C.A.M. (1967) An introduction to oceanography. McGraw-Hill, New York.

Koettker, A.G., Freire, A.S. e Sumida, P.Y.G. (2010) Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 90.

Landeira, J.M., Lozano-Soldevilla, F., Hernández-León, S. e Barton, E.D. 2010. Spatial variability of planktonic invertebrate larvae in the Canary Islands area. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 90.

Levin, L.A. (2006) Recent progress in understanding larval dispersal: new directions and digressions. *Integr. Comp. Biol.*, 46, 282-297.

- Madeira, K.C. (2008) *Crescimento e densidade populacional do caranguejo Grapsus grapsus no Arquipélago de São Pedro e São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Curso de Oceanografia Biológica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 76 p.
- McEwan, G.E., Johnson, M.W. e Folsom, T.R. (1954) A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton splitter, based upon test observation. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 7, 502-527.
- Melo, G.A.S. (1996) *Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral Brasileiro*. Plêiade/FAPESP, São Paulo.
- Morgan, S.G. (1990) Impact of Planktivorous Fishes on Dispersal, Hatching, and Morphology of Estuarine Crab Larvae. *Ecology*, 71, 1640-1652.
- Morgan, S.G. e Christy, J.H. (1997) Planktivorous fishes as selective agents for reproductive synchrony. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 209: 89-101.
- Mujica, A. (2006) Larvas de crustáceos decápodos y crustáceos holoplanctónicos en torno a la isla de Pascua. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 29, 123-135.
- Omori, M. (1974) The biology of pelagic shrimps in the ocean. *Adv. Mar. Biol.*, 12, 233-324.
- Pascual, M. e H. Caswell. (1991) The dynamics of a size-classified benthic population with reproductive subsidy. *Theor. Pop. Biol.*, 39, 129-147.
- Queiroga, H. e Blanton, J. (2005) Interactions between behavior and physical forcing in the control of horizontal transport of decapod crustacean larvae. *Adv. Mar. Biol.*, 47, 107-214.
- Rieger, P.J. e Santos, A.L.F. (2001) Desenvolvimento larval de *Chasmagnathus granulata* Dana (Crustacea, Decapoda, Grapsidae), em laboratório. I. Estudo da morfologia de cerdas nas fases de zoea e megalopa e das variações dos padrões corporais da fase de megalopa. *Rev. Bras. Zool.*, 18, 1281-1317.

Rieger, P.J. e Vieira, R.R.R. (1997) Desenvolvimento larval de *Cyrtograpsus angulatus* Dana (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) em laboratório. *Rev. Bras. Zool.*, 14, 601-623.

Romero, L. (2003) Comportamiento reproductivo y mutilaciones en el cangrejo de las rocas *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda). *Rev. Peru. Biol.*, 10, 195-202.

Sastry, A.N. (1983) Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg, J.J. e Vernberg W.B. (eds.). *The biology of Crustacea*, vol. 8. Academic Press, New York, p 179- 270.

Schwamborn, R., Ekau, W., Silva, A.P., Silva, T.A. e Saint-Paul, U. (1999) The contribution of estuarine decapod larvae to marine zooplankton communities in North-East Brazil. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 47, 167-182.

Sponaugle, S., Cowen, R.K., Shanks, A., Morgan, S.G., Leis, J.M., Pineda, J., Boehlert, G.W., Kingsford, M.J., Lindeman, K.C., Grimes, C. e Munro, J.L. (2002) Predicting shelf recruitment in marine populations: biophysical correlates and mechanisms. *Bull. Mar. Sci.*, 70, 341-375.

Travassos, P., Hazin, F.H.V., Zagaglia, J.R., Advíncula, R. e Schober, J. (1999) Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 47, 211-222.

Underwood, A.J. (2006) *Experiments in ecology*. Cambridge University Press, 504 p.

Yamaguchi, T. (2001) Daytime larval release of the fiddler crab, *Uca lactea* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 74, 545-555.

Zar, J. H. (1996) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall International editions, New Jersey.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem duas associações de larvas de Decapoda no ASPSP, uma na enseada e outra no mar aberto, representadas pela dominância de larvas iniciais de espécie bentônicas, como *Grapsus grapsus* e de larvas de espécies holoplanctônicas, como *Sergestes edwardsi*, respectivamente. A importância da enseada e da área de 500 m no seu entorno foi evidenciada como um local de desova de espécies bentônicas, contribuindo para a cadeia alimentar pelágica da região.

Embora haja escassez de dados de oceanografia física na área do ASPSP, a abundância de larvas de Decapoda nas águas superficiais do mar aberto foi equivalente a de outras regiões oceânicas, onde eventos de ressurgência já foram comprovados. Uma ferramenta importante para o conhecimento do afloramento de águas profundas é a coleta de dados de produtividade primária e clorofila *in situ*, que ainda não foi feita na região do ASPSP.

Apesar da homogeneidade local de temperatura e salinidade que o ASPSP apresenta, típica de uma região equatorial, foram observadas diferenças na abundância e na composição das larvas, em função dos meses. Estes resultados podem estar relacionados às diferenças nos períodos reprodutivos dos táxons estudados.

A variação nictemeral das larvas confirmou, de maneira geral, o padrão esperado e corroborou com os resultados anteriores para a área do ASPSP. A abundância larval superior no período noturno foi atribuída aos eventos de migração vertical e às desovas noturnas, mesmo que estes não possam ser quantificados separadamente.

Embora não tenham sido realizadas coletas mensais no ASPSP, devido à dificuldade e inacessibilidade do local, a análise dos resultados obtidos ao longo das oito expedições mostrou que a reprodução de *G. grapsus* é contínua no ASPSP, e que a hipótese mais viável para esta espécie é a de manutenção da população por auto-recrutamento.

O isolamento geográfico da região, associado aos baixos valores de abundância de larvas de *G. grapsus* encontrados nos pontos mais afastados do arquipélago, indicam a presença de um possível mecanismo de retenção larval para esta espécie.

Para espécies como *G. grapsus* o auto-recrutamento é favorecido, promovendo a retenção nas proximidades do ambiente parental. Por outro lado, espécies como *S. edwardsi* apresentam larvas com menor capacidade de permanecer próximas a população fonte. Os resultados sugerem a presença de um possível mecanismo de retenção larval no ASPSP para as espécies meroplanctônicas, enquanto as larvas de

espécies holoplanctônicas são exportadas para a região oceânica ao redor do arquipélago.

REFERÊNCIAS

- ANGER, K. 2001. The biology of decapod crustacean larvae: Crustacean Issues 14. A.A. Balkema Publishers, Lisse. 419 p.
- ANGER, K. 2006. Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebrate Reproduction and Development*, 49 (3): 175-205.
- ARANGO, H.G. 2005. Bioestadística: teórica e computacional. 2 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 423 p.
- BECKER, H. 2001. Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Uma contribuição ao Programa Revizee. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, 175 p.
- BEGON, M; COLIN, R. & HARPER, J. L. 2007. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Artmed, Porto Alegre. 752 p.
- BOLTOVSKOY, D. (ed.). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata. 936 p.
- BRADFORD, R.W.; BRUCE, B.D.; CHISWELL, S.M.; BOOTH, J.D.; JEFFS, A. & WOTHERSPOON, S. 2005. Vertical distribution and diurnal migration patterns of *Jasus edwardsi* phyllosomas off the east coast of the North Island. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 39 (3): 593-604.
- CAMPOS, T.F.C.; VIRGENS NETO, J.; SRVASTAVA, N.K.; PETTA, R.A.; HARTMANN, L.A.; MORAES, J.F.S.; MENDES, L. & SILVEIRA, S.R.M. 2005. Arquipélago de São Pedro e São Paulo - Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E.T.; CAMPOS, D.A.; SOUZA, C.R.G. & FERNANDES, A.C.S. (ed.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na internet no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio002/sitio002.pdf>
- CAVALCANTI, E.A.H. & LARRAZÁBAL, M.E.L. 2004. Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica - REVIZEE/NE II) com ênfase em

Copepoda (Crustacea). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 467-475.

CHAMPALBERT, G.; PAGANO, M.; KOUAMÉ, B. & RIANDLEY, V. 2005. Zooplankton spatial and temporal distribution in a tropical oceanic area off West Africa. *Hydrobiologia*, 548: 251-265.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2 ed. Primer - E Ltda, Plymouth Marine Laboratory, UK. 144 p.

DÍAZ, X.F.G. 2007. Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil). Dissertação de Mestrado. Curso de Oceanografia. Universidade Federal do Pernambuco, 84 p.

DOTY, M.S. & OGURI, M. 1956. The island mass effect. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 22: 33-37.

EDWARDS, A.J. & LUBBOCK, R. 1983a. The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic). *Journal of Zoology*, 200: 51-69.

EDWARDS, A.J. & LUBBOCK, R. 1983b. Marine zoogeography of St Paul's Rocks. *Journal of Biogeography*, 10: 65-72.

FEITOZA, B.M.; ROCHA, L.A.; LUIZ-Jr., O.J.; FLOETER, S.R. & GASPARINI, J.L. 2003. Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, 7 (2): 61-82.

FELL, P.E. 1997. The Concept of Larvae. In: Gilbert, S.F.R. & Raunio, A.M. Embryology Constructing the Organism. Sinauer Associates, Sunderland. p. 21-28.

GEORGE, R.W. 2005. Evolution of life cycles, including migration, in spiny lobsters (Palinuridae). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 39 (3): 503-514.

GÓES, C.A. 2006. Análise da dispersão de larvas de lagostas no atlântico tropical a partir de correntes geostróficas superficiais derivadas por satélites. Dissertação de Mestrado. Curso de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 89 p.

- GURNEY, R. & LEBOUR, M.V. 1940. Larvae of Decapod Crustacea. Part VI. The Genus *Sergestes*. *Discovery Reports*, 20: 1-68.
- HAIR JR., J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. 2005. Análise multivariada de dados. 5 ed. Bookman, Porto Alegre. 593 p.
- HOLMQUIST, J.G.; POWELL, G.V.N & SOGARD, S.M. 1989. Decapod and stomatopod assemblages on a system of seagrass-covered mud banks in Florida Bay. *Marine Biology*, 100: 473-483.
- HOLTHUIS, L.B.; EDWARDS, A.J. & LUBBOCK, H.R. 1980. The decapod and stomatopod Crustacea of St. Paul's Rocks. *Zoologische Mededelingen*, 56 (3): 27-51.
- KEVREKIDIS, K. & GALIL, B.S. 2003. Decapoda and Stomatopoda (Crustacea) of Rodos island (Greece) and the erythrean expansion NW of the Levantine sea. *Mediterranean Marine Science*, 4/1: 57-66.
- KOETTKER, A.G. 2008. Composição, densidade e variação espaço-temporal de larvas de decápodes e estomatópodes do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 128 p.
- KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S. & SUMIDA, P.Y.G. 2010. Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90.
- KREBS, C.J. 1998. Ecological Methodology. 2 ed. Addison Wesley Longman, Menlo Park. 620 p.
- KRUSKAL, J.B. 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29: 1-27.
- LANDEIRA, J.M.; LOZANO-SOLDEVILLA, F.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S. & BARTON, E.D. 2010. Spatial variability of planktonic invertebrate larvae in the Canary Islands area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 2006. Numerical Ecology. 2 ed.

Elsevier, Amsterdã. 853 p.

LEVIN, L.A. 2006. Recent progress in understanding larval dispersal: new directions and digressions. *Integrative and Comparative Biology*, 46 (3): 282-297.

MACEDO-SOARES, L.C.P.; BRANDÃO, M.C.; KOETTKER, A.G.; MENEZES, B.S.; STUMPF, L. & FREIRE, A.S. (2010) O zooplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: MOHR, L.V.; CASTRO, J.W.A.; COSTA, P.M. & VÁLKA, R. (orgs) Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo - volume II. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, in press.

MANNING, R.B. & PROVENZANO Jr., A.J. 1963. Studies on development of stomatopod Crustacea I. Early larval stages of *Gonodactylus oerstedii* Hansen. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 13 (3): 467-479.

MARTIN, J.W. & DAVIS, G.E. 2001. An update classification of the recent Crustacea. *Science Series*, 39: 1-124.

McCONAUGHA, J.R., 1992. Decapod larvae: dispersal mortality, and ecology. A working hypothesis. *American Zoologist*, 32 (3): 512-523.

McEWAN, G.E.; JOHNSON, M.W. & FOLSOM, T.R. 1954. A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton splitter, based upon test observation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 7 (1): 502-527.

MONTEIRO, A.; VASKE-JÚNIOR, T.; LESSA, R. & DEL-EIR, A.C. 1998. Exocoetidae (Beloniformes) off north-east Brazil. *Cybium*, 22 (4): 395-403.

PINHEIRO, A.P; FREIRE, F.A.M & OLIVEIRA, J.E.L. 2003. Population biology of *Panulirus echinatus* (Decapoda, Palinuridae) from São Pedro and São Paulo archipelago, Northeastern, Brazil. *Nauplius*, 11 (1): 27-35.

PINTO, N.C.T.; MAFALDA, P. & SANTOS, A.T. 1997. Caracterização do zooplâncton da Reserva Biológica do Atol das Rocas, na Campanha de Março-1991 (verão). *Trabalhos Oceanográficos da*

Universidade Federal de Pernambuco, 25: 31-46.

POUPIN, J. 2008. Biogeography of the Decapod and Stomatopod Crustacea of the Tropical Pacific: Issues and Prospects. *Pacific Science*, 62 (3): 377-383.

PROVENZANO JR., A.J. & MANNING, R.B. 1978. Studies on development of stomatopod Crustacea II. The later larval stages of *Gonodactylus oerstedii* Hansen reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*, 28 (2): 297-315.

QUEIROGA, H. & BLANTON, J. 2005. Interactions between behavior and physical forcing in the control of horizontal transport of decapod crustacean larvae. *Advances in Marine Biology*, 47: 107-214.

RAMOS, S.; COWEN, R.K.; RÉ, P. & BORDALO, A.A. 2006. Temporal and spatial distributions of larval fish assemblages in the Lima estuary (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 303-314.

ROGER, C. 1994. Relationships among yellowfin and skipjack tuna, their prey-fish and plankton in the tropical western Indian Ocean. *Fisheries Oceanography*, 3 (2) 133-141.

RUDORFF, C.A.G.; LORENZZETTI, J.A.; GHERARDI, D.F.M. & LINS-OLIVEIRA, J.E. 2009. Modeling spiny lobster larval dispersion in the Tropical Atlantic. *Fisheries Research*, 96: 206-215.

SASTRY, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg, J.J. & Vernberg, W.B. (eds) *The biology of Crustacea*, vol. 8. Academic Press, New York, p 179- 270.

SHELTEMA, R.S. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bulletin of Marine Science*, 39 (2): 290-322.

SCHUTZE, M.L.M.; VELHO, L.F.M. & RAZOULS, C. 1990. Estudo quantitativo do zooplâncton da cadeia de montanhas submarinas Vitória-Trindade - Campanha MD-55/Brasil. In: *Anais do IV Encontro Brasileiro de Plâncton*, Recife, p. 305-316.

SPONAUGLE, S.; COWEN, R.K.; SHANKS, A.; MORGAN, S.G.; LEIS, J.M.; PINEDA, J.; BOEHLERT, G.W.; KINGSFORD, M.J.; LINDEMAN, K.C.; GRIMES, C. E MUNRO, J.L. 2002. Predicting shelf recruitment in marine populations: biophysical correlates and mechanisms. *Bulletin of Marine Science*, 70 (1): 341-375.

STRAMMA, L. & ENLAND, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104 (C9): 20.863-20.883.

THORSON, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews*, 25: 1-45.

TRAVASSOS, P.; HAZIN, F.H.V.; ZAGAGLIA, J.R.; ADVÍNCULA, R. & SCHOBBER, J. 1999. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery Marine Research*, 47 (2/3): 211-222.

UNDERWOOD, A.J. 2006. *Experiments in ecology*. Cambridge University Press. 504 p.

VALENTIN, J.L. 2000. *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência, Rio de Janeiro. 117 p.

WILLIAMSON, D.I. 1992. *Larvae and Evolution - Toward a New Zoology*. Chapman Hall, New York.

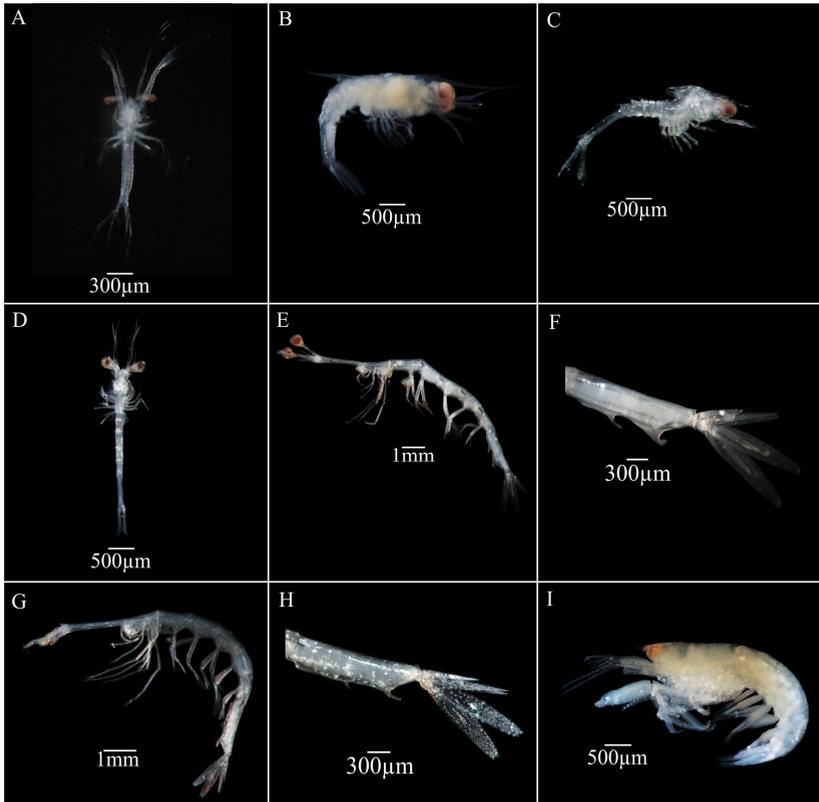
ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 662 p.

ANEXOS

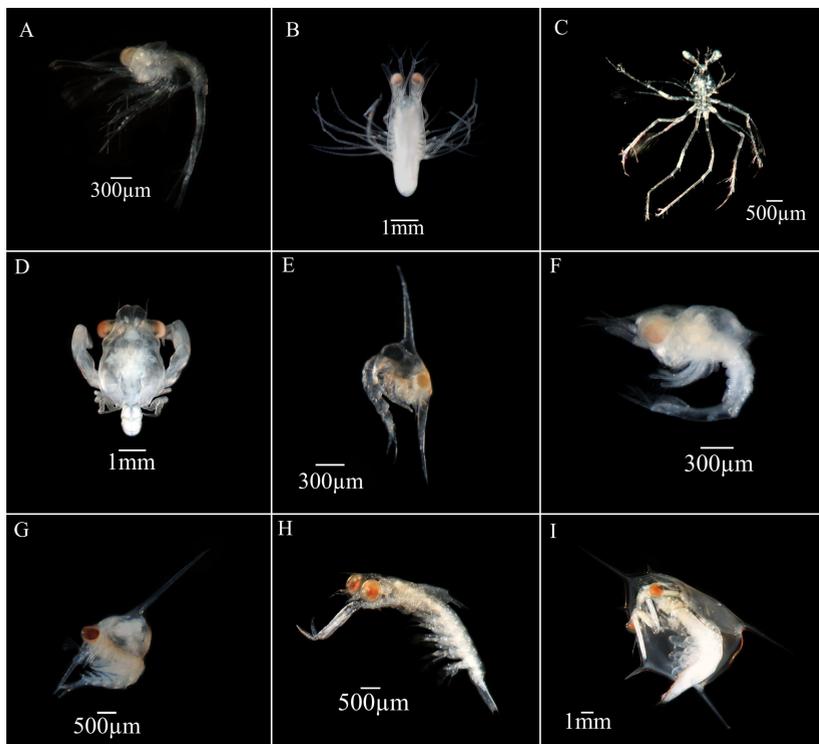
Anexo 1 - Data e horário das coletas.

Expedição	Mar aberto			Enseada				
	Mês/Ano	Dia	Período	Horário	Mês/Ano	Dia	Período	Horário
133	Abril/2003	30	Dia	7:35 - 9:30				
		29	Noite	17:15 - 19:20				
141	Agosto/2003	28	Dia	8:35 - 10:00	Agosto/2003	29	Dia	7:00 - 7:30
		27	Noite	17:05 - 19:00		28	Noite	17:10 - 17:35
146	Novembro/2003	7	Dia	8:00 - 9:30	Novembro/2003	13	Dia	5:05 - 5:30
		5	Noite	17:55 - 19:30		14	Noite	16:25 - 16:50
155	Março/2004	23	Dia	7:20 - 8:40	Março/2004	24	Dia	9:00 - 9:25
		22	Noite	17:00 - 18:40		24	Noite	16:00 - 16:25
172	Novembro/2004	27	Dia	05:49 - 7:47	Dezembro/2004	3	Dia	5:42 - 6:35
		26	Noite	18:10 - 20:14		2	Noite	17:47 - 18:42
176	Janeiro/2005	26	Dia	5:25 - 7:25	Janeiro/2005	27	Dia	8:20 - 9:00
		25	Noite	17:40 - 19:45		28	Noite	17:30 - 18:10
183	Maio/2005	18	Dia	4:35 - 6:41	Maio/2005	19	Dia	4:30 - 5:00
		17	Noite	17:21 - 19:49		18	Noite	16:50 - 17:40
187	Julho/2005	12	Dia	05:08 - 7:32	Julho/2005	15	Dia	4:55 - 5:28
		11	Noite	17:45 - 19:52		14	Noite	17:15 - 17:48

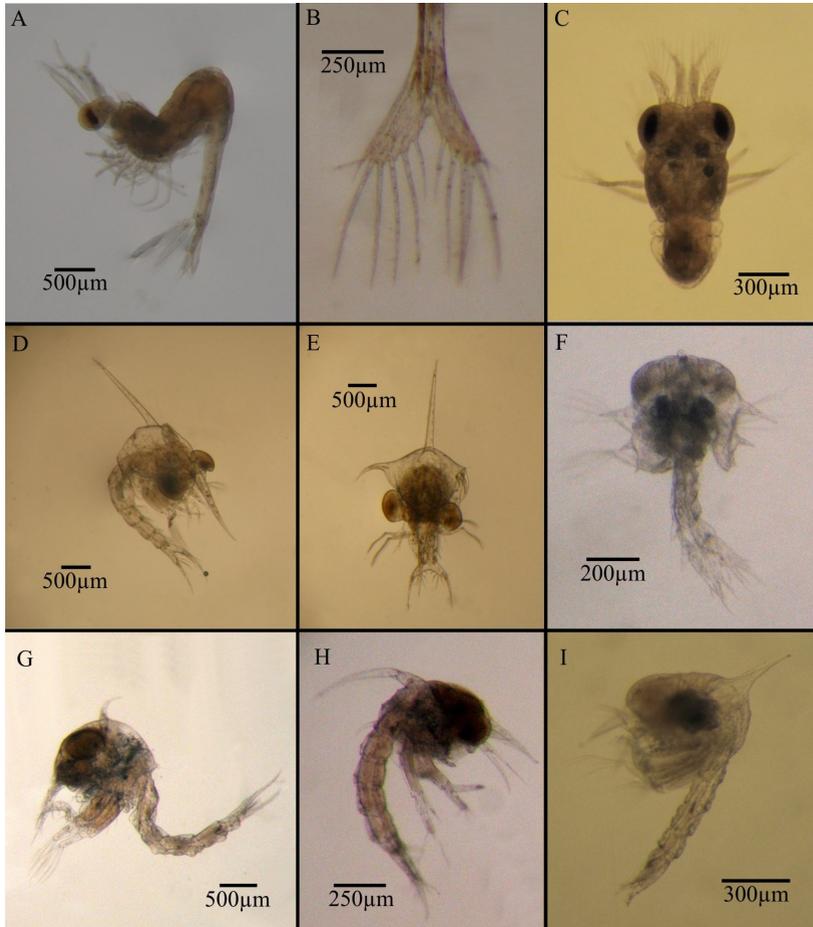
Anexo 2 - Fotos ilustrativas de alguns táxons identificados.



Aristaeomorpha foliacea (A), *Gennadas* sp. (B), *Parapenaeus* spp. (C), *Lucifer* spp. 1 (D), *Lucifer typus* (E), sexto segmento abdominal de macho de *Lucifer typus* (F), *Lucifer faxoni* (G), sexto segmento abdominal de macho de *Lucifer faxoni* (H), *Alpheus* spp. (I).



Hippolytidae sp. (A), Pandalidae sp. 2 (B), *Panulirus* spp. (C), Brachyura spp. (D), Brachyura sp. 3 (E), *Dromia* spp. (F), Grapsidae sp. 1 (G), *Gonodactylus* sp. 2 (H), Lysiosquilloidea spp. (I).



Periclimenes sp. (A), t elson de Hippolytidae sp. (B), Pandaliade sp. 1 (C), Brachyura sp. 1 (D e E), Brachyura sp. 2 (F), Mithracidae sp. (G), Xanthoidea sp. (H) e *Grapsus grapsus* (I).

Anexo 3 - Número de larvas e adultos de Decapoda e Stomatopoda identificados nas expedições 172, 176, 183 e 187, referentes aos meses de novembro/dezembro de 2004, janeiro, maio e julho de 2005, respectivamente.

Nos casos em que ocorreu subamostragem antes da identificação, só foi considerado o número de larvas da subamostra. Não foram incluídas as larvas identificadas em maio na enseada, pois já haviam sido identificadas anteriormente.

Expedição	172	176	183	187	Total
Larvas identificadas	1.020	2.048	1.942	3.123	8.133
Adultos identificados	49	2	13	161	225
Total de indivíduos identificados	1.069	2.050	1.955	3.284	8.358

Anexo 4 - Inventário dos táxons identificados.

Classificação baseada em Martin & Davis (2001) e no Integrated Taxonomic Information System - ITIS (www.itis.gov). Referente ao Capítulo 1.

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Classe Malacostraca Latreille, 1802

Subclasse Hoplocarida Calman, 1904

Ordem Stomatopoda Latreille, 1817

Stomatopoda sp.

Subordem Unipeltata Latreille, 1825

Superfamília Gonodactyloidea Giesbrecht, 1910

Família Gonodactylidae Giesbrecht, 1910

Gênero *Gonodactylus* Berthold, 1827

Gonodactylus sp. 1

Gonodactylus sp. 2

Gonodactylus sp. 3

Superfamília Lysiosquilloidea Giesbrecht, 1910

Lysiosquilloidea spp.

Família Lysiosquillidae Giesbrecht, 1910

Gênero *Lysiosquilla* Dana, 1852

Lysiosquilla sp.

Subclasse Eumalacostraca Grobben, 1892

Superordem Eucarida Calman, 1904

Ordem Decapoda Latreille, 1802

Subordem Dendrobranchiata Bate, 1888

Superfamília Penaeoidea Rafinesque, 1815

Penaeoidea spp.

Família Aristeidae Wood-Mason, 1891

Gênero *Aristaeomorpha* Wood-Mason, 1891

Aristaeomorpha foliacea (Risso, 1827)

Família Benthescymidae Wood-Mason, 1891

Gênero *Gennadas* Bate, 1881

Gennadas sp.

Família Penaeidae Rafinesque, 1815

Gênero *Parapenaeus* Smith, 1885

Parapenaeus spp.

Família Solenoceridae Wood-Mason, 1891

Solenoceridae sp.

Superfamília Sergestoidea Dana, 1852

Família Luciferidae de Haan, 1849

Gênero *Lucifer* Thompson, 1829

Lucifer spp. 1

Lucifer spp. 2

Lucifer typus H. Milne Edwards, 1837

Lucifer faxoni Borradaile, 1915

Família Sergestidae Dana, 1852

Sergestidae spp. 1

Sergestidae spp. 2

Gênero *Sergestes* H. Milne Edwards, 1830

Sergestes spp. 1

Sergestes spp. 2

Sergestes curvatus Crosnier & Forest, 1973

Sergestes edwardsi Krøyer, 1855

Sergestes henseni (Ortmann, 1893)

Gênero *Sergia* Stimpson, 1860

Sergia splendens (Sund, 1920)

Subordem Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraordem Caridea Dana, 1852

Caridea sp.

Superfamília Palaemonoidea Rafinesque, 1815

Família Palaemonidae Rafinesque, 1815

Gênero *Periclimenes* Costa, 1844

Periclimenes sp.

Superfamília Alpheoidea Rafinesque, 1815

Família Alpheidae Rafinesque, 1815

Alpheidae sp. 1

Alpheidae sp. 2

Alpheidae sp. 3

Alpheidae sp. 4

Alpheidae sp. 5

Gênero *Alpheus* Fabricius, 1798

Alpheus spp.

Alpheus sp. 5

Família Hippolytidae Dana, 1852

Hippolytidae sp.

Superfamília Pandaloidea Haworth, 1825

Família Pandalidae Haworth, 1825

Pandalidae sp. 1

Pandalidae sp. 2

Infraordem Palinura Latreille, 1802

Superfamília Palinuroidea Latreille, 1802

Família Palinuridae Latreille, 1802

Gênero *Panulirus* White, 1847

Panulirus spp.

Infraordem Brachyura Latreille, 1802

Brachyura spp.

Brachyura sp. 1

Brachyura sp. 2

Brachyura sp. 3

Brachyura sp. 4

Seção Dromioidea de Haan, 1833

Superfamília Dromioidea de Haan, 1833

Família Dromiidae de Haan, 1833

Gênero *Dromia* Weber, 1795

Dromia sp.

Seção Eubrachyura de Saint Laurent, 1980

Subseção Heterotremata Guinot, 1977

Superfamília Majoidea Samouelle, 1819

Família Mithracidae Balss, 1929

Mithracidae sp.

Superfamília Portunoidea Rafinesque, 1815

Família Portunidae Rafinesque, 1815

Subfamília Portuninae Rafinesque, 1815

Portuninae sp.

Superfamília Xanthoidea MacLeay, 1838

Xanthoidea sp.

Família Trapeziidae Miers, 1886

Trapeziidae sp.

Família Xanthidae (Fabricius, 1775)

Xanthidae sp. 1

Xanthidae sp. 2

Xanthidae sp. 3

Xanthidae sp. 4

Gênero *Platypodiella* Guinot, 1967

Platypodiella spectabilis (Herbst, 1794)

Subseção Thoracotremata Gionot, 1977

Superfamília Grapsoidea MacLeay, 1838

Família Grapsidae MacLeay, 1838

Grapsidae sp. 1

Grapsidae sp. 3

Gênero *Grapsus* Lamarck, 1801

Grapsus grapsus (Linnaeus, 1758)

Família Plagusiidae Dana, 1851

Gênero *Plagusia* Latreille, 1804

Plagusia depressa (Fabricius, 1775)

Anexo 5 - Nomenclatura adotada no presente trabalho e comumente utilizada para as fases pelágicas do ciclo de vida da subordem Dendrobranchiata, das infraordens Caridea, Palinura e Brachyura e da ordem Stomatopoda.

A última fase larval é considerada de transição para as espécies bentônicas. O número de estágios em cada fase larval varia de acordo com a espécie. * Somente para a superfamília Squilloidea.

Dendrobranchiata	Caridea	Palinura	Brachyura	Stomatopoda
Náuplio	-	-	-	-
Protozoé	Zoé	Filosoma	Zoé	Antizoé
Misis				
Decapodito	Decapodito	Puerulus	Megalopa	Erictus ou Alima*

Anexo 6 - Referências usadas na identificação dos táxons.

ABRUNHOSA, F.A.; ABRUNHOSA, J.P. & COSTA, R.M. 2004. The early larval stages of phyllosomas of the spiny lobsters *Panulirus echinatus* Smith, 1869 and *P. laevicauda* (Latreille, 1804) (Decapoda, Palinuridae). *Nauplius*, 12 (1): 21-29.

ABRUNHOSA, F.A.; SANTIAGO, A.P. & ABRUNHOSA, J.P. 2008. The early phyllosoma stages of spiny lobster *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda: Palinuridae) reared in the laboratory. *Brazilian Journal of Biology*, 68 (1): 179-186.

BAIRSE, J.A. & QUEVEDO, M.E.R. 1982. Two phyllosoma larvae of *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) (Decapoda, Palinuridae) from the Caribbean Sea with a discussion about larval groups within the genus. *Crustaceana*, 43 (2): 147-153.

BARNICH, R. 1995. The larvae of the Crustacea Decapoda (excl. Brachyura) in the plankton of the French Mediterranean coast (identification keys and systematic review). Tese de Doutorado. Cuvillier Verlag, Göttingen, 189 p.

BOWMAN, T.E. & McCAIN, J.C. 1967. Distribution of the planktonic shrimp, *Lucifer*, in the Western North Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 17 (3): 660-671.

CALAZANS, D. 1993. Key to the larvae and decapodids of genera of the Infraorder Penaeidea from the Southern Brazilian coast. *Nauplius*, 1: 45-62.

CLARK, P.F. & PAULA, J. 2003. Descriptions of ten xanthoidean (Crustacea: Decapoda: Brachyura) first stage zoeas from Inhaca Island, Mozambique. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 51 (2): 323-378.

COELHO, P.A.; OLIVEIRA, J.E.L. & BARBALHO, M. 1995. Estágios larvais mais avançados de *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda, Palinuridae). *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, 3 (1): 49-55.

COOK, H.L. 1966. A generic key to the protozoan, mysis, and postlarval stages of the littoral Penaeidae of the Northwestern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*,

65 (2):437-447.

CRIALES, M.M. & MCGOWAN, M.F. 1993. Occurrence and description of mysis larvae of a mesopelagic shrimp species of the genus *Gennadas* (Crustacea: Decapoda: Aristeidae) from coastal waters of South Florida. *Bulletin of Marine Science*, 53 (3): 973-984.

dos SANTOS, A. & LINDLEY, J.A. 2001. Fiches d'Identification du Plancton. Crustacea, Decapoda: Larvae. II. Dendrobranchiata (Aristeidae, Benthescymidae, Penaeidae, Solenoceridae, Sicyoniidae, Sergestidae, and Luciferidae). *ICES Identification Leaflets for Plankton*, 186: 1-9.

dos SANTOS, A. & GONZÁLEZ-GORDILLO, J.I. 2004. Illustrate keys for the identification of the Pleocyemata (Crustacea, Decapoda) zoeal stages, from the coastal region of south-western Europe. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 205-227.

FERNANDES, L.D.A. 2006. Morfologia e distribuição das larvas de crustáceos decápodes entre Rio Real (12°S) e Cabo de São Tomé (22°S). Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 437 p.

FLORES, A.A.V.; PAULA, J. & DRAY, T. 2003. First zoeal stages of grapsoid crabs (Crustacea: Brachyura) from the East African coast. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 137: 355-383.

FRANSOZO, A.; CUESTA, J.A. & NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 1998. The first zoeal stage of two species of Grapsidae (Decapoda Brachyura) and a key to such larvae from the Brazilian coast. *Crustaceana*, 71 (3): 331-343.

GUERAO, G.; SCHUBART, C.D. & CUESTA, J.A. 2001. The first zoeal stages of *Grapsus grapsus* (Linnaeus) and *Geograpsus lividus* (H. Milne Edwards) (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) from the Western Atlantic. *Nauplius*, 9 (2): 111-121.

GURNEY, R. 1939. Bibliography of the larvae of decapod Crustacea. Ray Society, London. 123 p.

GURNEY, R. 1942. Larvae of decapod Crustacea. Ray Society,

London. 306 p.

Gurney, R. & Lebour, M.V. 1940. Larvae of Decapod Crustacea. Part VI. The Genus *Sergestes*. *Discovery Reports*, 20: 1-68.

HASHIZUME, K. 1998. Larval development of seven species of *Lucifer* (Dendrobranchiata, Sergestoidea), with a key for the identification of their larval forms. In: Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress. Crustaceans and the Biodiversity Crisis, vol. 2, p. 753-779.

INGLE, R.W. 1992. Larval stages of northeastern Atlantic crabs. An illustrated key. Chapman & Hall, Londres. 363 p.

KNOWLTON, R.E. 1973. Larval development of the snapping shrimp *Alpheus heterochaelis* Say, reared in the laboratory. *Journal of Natural History*, 7: 273-306.

KOETTKER, A.G. 2008. Composição, densidade e variação espaço-temporal de larvas de decápodes e estomatópodes do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 128 p.

KONISHI, K., SUZUKI, N. & CHOW, S. 2006. A late stage phyllosoma larva of the spiny lobster *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Crustacea: Palinuridae) identified by DNA analysis. *Journal of Plankton Research*, 28 (9): 841-845.

LEWIS, J.N. 1951. The phyllosoma larvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 1 (2): 89-103.

LINDLEY, J.A.; HERNÁNDEZ, F.; TEJERA, E. & CORREIA, S.M. 2004. Phyllosoma larvae (Decapoda: Palinuridea) of the Cape Verde Islands. *Journal of Crustacean Research*, 26 (2): 235-240.

MANNING, R.B. & PROVENZANO Jr., A.J. 1963. Studies on development of stomatopod Crustacea I. Early larval stages of *Gonodactylus oerstedii* Hansen. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 13 (3): 467-479.

- MARTIN, J.W. 1984. Notes and bibliography on the larvae of Xanthidae crabs, with a key to the known xanthid zoeas of the Western Atlantic and Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 34 (2): 220-239.
- PAULA, J. 1996. A key and bibliography for the identification of zoeal stages of brachyuran crabs from the Atlantic coast of Europe. *Journal of Plankton Research*, 18 (1): 17-27.
- POHLE, G.; MANTELATTO, F.L.M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. & FRANSOZO, A. 1999. Larval Decapoda (Brachyura). In: BOLTOVSKOY, D. (ed.). South Atlantic Zooplankton. Vol. 2. Leiden, Backhuys Publishers, p.1281-1351.
- PROVENZANO JR., A.J. & MANNING, R.B. 1978. Studies on development of stomatopod Crustacea II. The later larval stages of *Gonodactylus oerstedii* Hansen reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*, 28 (2): 297-315.
- RICE, A.L. 1980. Crab zoeal morphology and its bearing on the classification of the Brachyura. *Transactions of the Zoological Society of London*, 35: 271-424.
- VERESHCHAKA, A. L. 2000. Revision of the genus *Sergia* (Decapoda: Dendrobranchiata: Sergestidae): Taxonomy and distribution. *Galathea Report*, 18: 69-207.
- WILLIAMSON, D.I. 1957. Crustacea Decapoda: larvae. I. General. *Fiches d'Identification du Zooplancton*, 67: 1-7.
- WILLIAMSON, D.I. 1960. Crustacea Decapoda: larvae. VII. Caridea, Family Crangonidae, Stenopodidea. *Fiches d'Identification du Zooplancton*, 90: 1-5.
- WILLIAMSON, D.I. 1962. Crustacea Decapoda: larvae. III. Caridea, Families Oplophoridae, Nematocarcinidae and Pasiphaeidae. *Fiches d'Identification du Zooplancton*, 92: 1-5.
- WILLIAMSON, D.I. 1970. On a collection of planktonic Decapoda and Stomatopoda (Crustacea) from the east coast of the Sinai Peninsula, Northern Red Sea. *Bulletin of the Sea Fisheries Research Station*, 56: 3-48.

WILSON, K.A. & GORE, R.H. 1980. Studies on decapod Crustacea from the Indian river region of Florida. XVII. Larval stages of *Plagusia depressa* (Fabricius, 1775) cultured under laboratory conditions (Brachyura: Grapsidae). *Bulletin of Marine Science*, 30 (4): 776-789.