



UFPE

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

SIMONE MARIA DE ALBUQUERQUE LIRA

**ESPECTRO DE TAMANHO E BIOVOLUME DO ZOOPLÂNCTON E
DIVERSIDADE E CONECTIVIDADE DE DECÁPODES EM
AMBIENTES INSULARES DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL**

RECIFE

2017

SIMONE MARIA DE ALBUQUERQUE LIRA

**ESPECTRO DE TAMANHO E BIOVOLUME DO ZOOPLÂNCTON E
DIVERSIDADE E CONECTIVIDADE DE DECÁPODES EM AMBIENTES
INSULARES DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do Grau de Doutor em Oceanografia.

Área de concentração: Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Ralf Schwamborn.

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

L768e Lira, Simone Maria de Albuquerque.

Espectro de tamanho e biovolume do zooplâncton e diversidade e conectividade de decápodes em ambientes insulares do oceano atlântico tropical. / Simone Maria de Albuquerque Lira - 2017.

186 folhas. Il. e Tab.

Orientador: Prof. Dr. Ralf Schwamborn.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2017.

Inclui Referências e Anexos.

1. Oceanografia. 2. Biogeografia. 3. Biovolume. 4. Conectividade genética. 5. *Johngarthia lagostoma*. 6. Zooscan. I. Schwamborn, Ralf(Orientador). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2018 - 49

ESPECTRO DE TAMANHO E BIOVOLUME DO ZOOPLÂNCTON E
DIVERSIDADE E CONECTIVIDADE DE DECÁPODES EM AMBIENTES
INSULARES DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL

Simone Maria de Albuquerque Lira

Defendida e Aprovada em 29/08/2017

Prof. Dr. Ralf Schwamborn (Orientador) – Presidente
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior – Titular Externo
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Prof. Dr. William Severi – Titular Externo
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Dr. Jonata de Arruda Francisco – Titular Externo

Dra. Elisabeth Cabral Silva Falcão – Titular Externo

Dedico esse trabalho às pessoas que regem a minha vida: minha mãe a quem tudo devo e dedico sempre, ao meu pai “*in memoriam*” que com certeza estaria muito feliz com mais esta etapa concluída da minha vida, à Thi, meu companheiro na vida e também às minhas irmãs, afilhadas e melhores amigos, sem vocês nada faria sentido nessa vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus mais uma vez, por todas as oportunidades permitidas, forças e momentos que me ajudaram a terminar mais essa fase longa de quase cinco anos da minha vida, principalmente nesses últimos meses que não temos mais onde nos agarrar além da fé e pedir muita força;

À Iemanjá, rainha do mar, que sempre me deu sua benção para que ficasse sempre perto do que eu mais amo no mundo: o ambiente marinho;

À minha mãe (Maria Betânia), meu pai *in memoriam* (João Lira), minhas irmãs (Adriana e Suéllen) e meu irmão (Sávio), mais uma vez, por todo o incentivo e força de vencer mais essa escada acadêmica!

A todas as ilhas que sempre me receberam de braços abertos!

A todos que contribuíram imensamente para que essa tese pudesse ser concluída;

Ao meu orientador, Ralf Schwamborn (UFPE), por mais esses quatros anos e meio, obrigada pelos ensinamentos científicos, oportunidades e confiança em pesquisas, co-orientações e embarques;

À Sigrid Neumam Leitão (UFPE) por ser tão linda e especial, a quem tanto admiro de longe e que quero por perto, com seu instinto materno, obrigada por toda ajuda e pela atenção e incentivo em tudo, pelas suas palavras sempre super valiosas e também pela infraestrutura cedida do laboratório, pelo apoio com as amostras do projeto Camadas Finas I e sua licença ambiental das referidas ilhas, pelo qual foi possível realizar esse trabalho;

À professora Dra. Catarina Marcolin (UFSB) pela dedicação, acolhimento em sua casa e auxílio com as rotinas de Matlab do capítulo referente à biovolume e espectros de tamanho desde o primeiro momento em São Paulo no ano de 2013 até esse ano na Bahia;

Ao professor Dr. Rodrigo Torres (UFPE) pela orientação e participação dos produtos originados do capítulo de conectividade genética;

À professora Dra. Doris Veleza (UFPE) pelos auxílios com os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade e correntes) utilizados nessa pesquisa;

Aos meus parceiros e amigos que me ajudaram imensamente com essa tese: Cynthia Lima e Claudeilton Santana. Por serem parceiros de luta e de vida, participando e me apoiando em artigos como uma equipe linda que graças a Deus encontrei nessa jornada! E agradecendo mais ainda por serem mais que parceiros, meus amigos! Cyn, obrigada por tudo, ainda mais nesses últimos dias, te amo! Claus obrigada também por tudo e por sua amizade,

companheirismo e claro pelas várias noites em claro, me acompanhando várias vezes a noite no museu!

Aos meus amigos Cynthia Lima, Cladeilton Santana, Anne Costa, Danielle Melo, Gabriela Figueiredo, Thiago Torres, Gleice Santos, Ralf Cordeiro, Xiomara Díaz, Renata Campelo, Glenda Mugrabe, Denise Costa, Nykon Craveiro, Nathália Silva, Kaio e Lucas Figueiredo pelos auxílios de ler e corrigir pedaços da tese e artigos comigo;

Aos demais parceiros e amigos do Laboratório de Zooplâncton que estiveram presentes em parte ou ao longo de todo o tempo em que estive no doutorado e por apoiarem de todas as outras maneiras possíveis, Glenda, Gleice, Renata, Nathi, Gabis, Xio, Igor, Kaio, Dani, Tamis, Andrea, Lucas, Denise, Morgana, Simon Black, Jana, Ale, Laurinha e ao meu amigo agregado Ralf Fio! Agradeço aos demais integrantes do laboratório, que fizeram do laboratório um lugar agradável para trabalhar;

Aos companheiros do Laboratório de Genética que estiveram presentes em parte ou ao longo de todo o tempo em que estive no doutorado, Prof. Rodrigo, Flavinha, Gabi, Tai, Caio, Nanda, Benevides, Dani, Marina, Larissa e todos aqueles que faziam o laboratório de genômica evolutiva e ambiental;

Ao meu amigo de anos de caminhada Jon, Jonata de Arruda Francisco, por sempre me apoiar, me auxiliar e ter tido paciência. Obrigada por toda ajuda, apoio, lições, dicas, sugestões, companhia e amizade;

À Manoela Brandão e Cynthia Lima por serem tão fortemente incentivadoras ao me mostrar que Deus está sempre nos guiando em nossa trajetória. Além de compartilharem comigo o amor aos decápodes planctônicos. E mais uma vez a Manu por nos acolher em sua casa, compartilhando seu conhecimento sobre decápodes e eufausiáceos em curso na Universidade Federal de Santa Catarina;

Às minhas afilhadas Letícia e Moana, por me proporcionar todo carinho e amor que uma madrinha pode ter; ser alguém mais especial nessa vida;

Ao meu "namorado" Thiago Torres Feitosa (Thi) que me incentiva com tudo o que faço, sendo paciente com minhas ausências e me auxiliando em vários momentos em uma vida a dois;

Aos meus amigos Fa Papine, Fátinha Motta, Cau Batista, Di Pontes, Uai, Pri, Moniquinha, Crin e Josinha, pelo simples fato de terem a companhia e carinho, e que entendem a minha ausência em várias ocasiões;

Aos meus amigos originados da oceanografia Jonata Arruda, Anne K Costa, Glenda Mugrabe, Marina Jales; Nikon Craveiro, Vanessinha, Gledson Fabiano e Juliana do Sul, que fizeram que esse doutorado não fosse apenas acadêmico e profissional, mas sim que em todos os lugares existem irmãos com quem podemos contar, e pelas histórias por nós vividas e guardadas para sempre;

A todos que fazem o Museu de Oceanografia Petrônio Alves Coelho, que de alguma forma puderam contribuir com esse trabalho, como ao laboratório de Mollusca e ao laboratório de Carcinologia pela disponibilidade de alguns equipamentos;

Aos professores da banca por aceitarem o convite e poderem participar dessa etapa tão importante na minha vida;

À Myrna e Marília por toda ajuda comigo e com todos os alunos da pós-graduação;

À Dona Edileusa por todos os cafés e sorrisos cedidos nesses anos;

Aos meninos da Oceanografia: André, Ivo, Beto, Seu Hermes, Seu Mano (*in memoriam*), que de alguma forma contribuíram com a alegria no Departamento;

Aos seguranças do Departamento por fazer a segurança e nos apoiar nas nossas rondas noturnas ao museu;

Aos integrantes do Cruzeiro do Sul, para as pernadas de 2010 e que coletaram as amostras aqui trabalhadas;

À Marinha do Brasil, com a disponibilidade do Navio Oceanográfico Cruzeiro do Sul e toda sua equipe;

À Maurizélia Brito (Zelinha), Simone Godeiro e aos demais participantes das expedições ao Atol das Rocas que me proporcionaram pesquisas além da tese, e contribuíram com o meu aprendizado desde o mestrado até hoje durante o Doutorado;

À Erika Cavalcante, Gleice Santos, Igor Teixeira, Daniel Lippi, Claudeilton Santana e Simone Godeiro por se disponibilizaram em ir para expedições do Projeto Procalares ao Atol das Rocas e a Erika Cavalcante, Gleice Santos, Cynthia Lima, Renata Campelo e Ralf por se disponibilizaram ao ir para expedições à Fernando de Noronha;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado assim como a taxa de bancada tão importante e indispensável para a realização e concretização dessa tese;

À *Fundação O Boticário de Proteção à Natureza* pelo financiamento do projeto 0959_20122: *Conectividade e conservação do caranguejo insular terrestre Johnngarthia lagostoma (H. MILNE EDWARDS, 1837) (DECAPODA: GECARCINIDAE): variabilidade*

genética, morfológica e desenvolvimento larval” Pelo financiamento do capítulo de conectividade genética. Proporcionando a alegria de coordenar o primeiro projeto financiado;

Ao projeto CARECOS financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE nº APQ-0074-1.08/11 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP 2011/5052-0, por ceder amostras dos manuscritos referentes ao capítulo 2 e 3;

Ao Projeto Golfinho Rotador, pelo suporte com os projetos Procalares e Carecos;

Ao auxílio do INCT AmbTropic (CNPq/CAPES/FAPESB) pelo suporte de material de laboratório de alguns capítulos da tese;

À Beatriz Castro e equipe por poder ter a chance de divulgar nosso estudo em rede nacional junto a Rede Globo, assim como ao Jornal do Comércio com reportagens na folha. A divulgação de projetos é sempre muito importante para mostrar a sociedade fora do mundo acadêmico o que acontece dentro das universidades e como podemos contribuir para a sociedade;

Aos demais amigos e colegas que não foram citados aqui, mas que sabem que fizeram parte da minha vida nesse percurso de quatro e meio anos que foi tão importante e intenso, obrigada, pois se não fosse por cada um de vocês essa tese não seria tão melhor trabalhada.

“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver”

Amyr Klink, 2000, Mar sem fim: 360º ao redor da Antártica.

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de avaliar a diversidade e contribuição dos organismos planctônicos para os espectros de tamanho e biovolume com ênfase em Decapoda, assim como inferir a conectividade genética do caranguejo *Johngarthia lagostoma* entre ilhas do Oceano Atlântico Tropical. Os zooplâncton foi estudado nos arquipélagos de Fernando de Noronha (FN) e de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e no Atol das Rocas (AR). Para o estudo da conectividade genética foram utilizadas 84 amostras de *J. lagostoma* provenientes de FN, AR, Ilha de Ascensão (AS) e Ilha de Trindade (TR). Para o plâncton, 121 amostras foram coletadas entre julho e agosto de 2010 utilizando redes do tipo nêuston e bongo e entre julho de 2013 e junho de 2014 utilizando rede cônica cilíndrica. Este estudo descreveu 71 decápodes planctônicos com o registro de 15 novas ocorrências. Descrições detalhadas foram realizadas para três dessas novas ocorrências: *Cerataspis monstrosa* (Gray, 1828), *Amphionides reynaudii* (H. Milne Edwards, 1832) e *Naushonia* sp., sendo a última uma nova larva descrita. Os decápodes planctônicos coletados com a rede bongo foram analisados através do escaneamento com o ZooScan, e para este grupo, a abundância apresentou uma média de 10,9 ind. 100 m⁻³ e biovolume de 36,2 mm³.m⁻³. Para os Decapoda, 0,33 ind.m⁻³ e 6,6 mm³.m⁻³, respectivamente. O grupo mais abundante entre os Decapoda foi Peneaiodea, representado por Luciferidae, Sergestidae, Penaeidae, Sicyoniidae, Benthescymidae e Solenoceridae. Em FN também foi observado o efeito ilha larval, onde houve um aumento da abundância e do biovolume para vários grupos a jusante da ilha. Nesse lado também foi observado um agrupamento de larvas com representantes betônicos. Na área a montante houve uma contribuição de organismos holoplanctônicos e fases avançadas de filossomas. Em relação à conectividade genética, foi sequenciado um fragmento de 651 pares de base utilizando uma região muito variável do DNA mitocondrial (D'loop). Foram registrados altos níveis de diversidade haplotípica (0,99). As topologias filogenéticas, as análises de Variância Molecular e diferenciação genética par-a-par através do índice de fixação detectaram um alto fluxo gênico entre as subpopulações de *J. lagostoma* para as ilhas de FN, AR e AS e um isolamento geográfico para TR (Φ_{ST} e $F_{ST} > 0,30$) mostrando que *J. lagostoma* não é uma população panmítica. Dessa forma, pode-se inferir que alguns táxons de decápodes podem apresentar padrões de conectividade genética semelhantes ao encontrado para *J. lagostoma*. Algumas espécies registradas apenas em FN provavelmente podem ser encontradas no AR, que é a ilha mais próxima, e para onde houve um maior fluxo gênico. Os dados gerados nessa tese também podem auxiliar no planejamento de estratégias de conservação da espécie *J. lagostoma*, indicando que a ilha de Trindade seja tratada como uma unidade de manejo diferenciada para a espécie, e também apontam um melhor estado de conservação para *J. lagostoma* para FN e AR. Dessa forma, foi possível observar que as diversas técnicas utilizadas para estudar as comunidades de decápodes em ilhas oceânicas podem ser empregadas em conjunto para uma descrição do grupo dentro desses ecossistemas marinhos.

Palavras-chave: Biogeografia. Biovolume. Conectividade genética. *Johngarthia lagostoma*. Zooscan.

ABSTRACT

The present study aimed to assess the diversity and contribution of decapods to the size spectra of planktonic communities, as well as to infer the genetic connectivity of the decapod *Johngarthia lagostoma* between Tropical Atlantic Ocean islands. Planktonic organisms were studied in the archipelagos of Fernando de Noronha (FN); St. Peter and St. Paul (ASPSP) and Atol das Rocas (AR). In FN, the hydrography and the influence of the currents on upstream and downstream for abundance and biovolume of the group was also studied. For the study of genetic connectivity samples of the crab *J. lagostoma* were taken from FN, AR, Ascensão Island (AS) and the island of Trinidad (TR). For the plankton, 121 samples were collected in July-August 2010 using neuston and bongo nets and July 2013 and June 2014, with cylindrical conical net, while to infer the genetic connectivity 84 samples were collected of the crab *J. lagostoma*. This study described the richness of planktonic decapods for the Islands, with the record of 71 taxa and the presence of 15 new occurrences. Diagnostic descriptions are presented for three of those new occurrences: *Cerataspis monstrosa* (Gray, 1828), *Amphionides reynaudii* (H. Milne Edwards, 1832) and *Naushonia* sp., the last one a new larva described. The plankton collected with the bongo net was analyzed by scanning with a Zooscan. For the total zooplankton, the abundance presented an average of 10.9 ind. 100 m⁻³ and an average biovolume of 36.2 mm³ m⁻³. For the decapods, averages were 0.33 ind.m⁻³ and 6.6 mm³.m⁻³, respectively. The most abundant group among the Decapoda was Peneaiodea represented by Luciferidae, Sergestidae, Penaeidae, Sicyoniidae, Benthescymidae and Solenoceridae. In FN, a larval island effect was observed, where there was an increase in abundance and biovolume for several groups of decapods downstream of the island. For the downstream side, a larval grouping of larval species of benthic origin was also observed, whereas in the upstream area there was a contribution of holoplanktonic organisms and advanced phases of phyllosomes. For the genetic connectivity, it was sequenced 651 base pair fragments using a highly variable region of the mitochondrial DNA (D'loop). It was registered high levels of haplotype diversity (0.99). Phylogenetic topologies, analysis of Molecular Variance and genetic differentiation pair-to-pair through the fixation index detected a high gene flow between subpopulations of *J. lagostoma* to the islands of FN, AR and AS. It was also detected a geographical isolation for TR (Φ_{ST} and $F_{ST} > 0.30$) showing that *J. lagostoma* is not a panmitic population. In this way, one can infer that some decapods taxa may exhibit similar patterns of genetic connectivity like *J. lagostoma*. Some species registered only in FN, probably can be found in the AR, which is the nearest Island, where there was a greater gene flow for *J. lagostoma*. The data generated from this thesis can also aid in the planning of strategies for the conservation of *J. lagostoma*, indicating that the island of Trindade could be considered as a differentiated management unit, in addition to show a better state of preservation for *J. lagostoma* in FN and AR. Thus, it was possible to observe that the different techniques used to study the decapod communities in oceanic islands can be used together for a description of this group within these unique marine ecosystems.

Keywords: Biogeography. Biovolume. Genetic connectivity. *Johngarthia lagostoma*. Zooscan.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	JUSTIFICATIVA.....	20
3	OBJETIVOS.....	22
4	HIPÓTESES.....	23
5	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS.....	24
6	ZOOPLÂNCTON AO REDOR DE ILHAS OCEÂNICAS DO NORDESTE DO BRASIL: UMA REVISÃO.....	26
7	DECÁPODES PLANCTÔNICOS DE ILHAS DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL: UM CHECKLIST COM NOVAS OCORRÊNCIAS.....	38
8	NOVOS REGISTROS DE DECÁPODES PLANCTÔNICOS NO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL.....	75
9	BIOVOLUME E ESPECTRO DE TAMANHO DO ZOOPLÂNCTON NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, COM ÊNFASE EM DECAPODA.....	105
10	CONECTIVIDADE E ESTRUTURA GENÉTICO-POPULACIONAL DO CARANGUEJO SEMI-TERRESTRE <i>JOHNGARTHIA LAGOSTOMA</i> (BRACHYURA: GECARCINIDAE): IMPLICAÇÕES PARA A SUA CONSERVAÇÃO NAS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS.....	131
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	154
	REFERÊNCIAS.....	156
	ANEXO.....	186

1 INTRODUÇÃO

O zooplâncton desempenha um importante papel nos ecossistemas aquáticos conectando a base da rede alimentar pelágica a níveis tróficos mais elevados. Além disso, o zooplâncton possui uma ampla diversidade funcional e estrutural, pois controla a produção de carbono através da predação sobre o fitoplâncton, exportando-o para grandes profundidades, através do afundamento de carcaças, pelotas fecais e migrações verticais, contribuindo desta forma para o ciclo biogeoquímico dos oceanos. A comunidade zooplanctônica agrega um grande valor ecológico por ser responsável pela transferência de energia entre diversos compartimentos das teias tróficas marinhas, desempenhando papéis significativos que se estendem desde se alimentar dos produtores primários até níveis tróficos mais elevados (KIØRBOE, 1998; LINDLEY et al., 2010; DAI et al., 2016). As posições ecológicas dessas comunidades as tornam essenciais dentro dos ambientes (KIØRBOE, 1998; MEEKAN et al., 2009; ROHNER et al., 2015). Dessa forma, estudar a contribuição desses grupos dentro das zonas pelágicas é substancialmente importante para a ciência e para a sociedade.

Na comunidade zooplanctônica, os crustáceos Decapoda se destacam por representar até mais de 50% da biomassa planctônica total (e.g. McCONAUGHA, 1992). Os decápodes, além de possuir um grande valor ecológico, da mesma forma que vários grupos do zooplâncton, contribuem para a bomba biológica de carbono, transportando partículas de matéria orgânica da camada d'água superficial para camadas mais profundas nas regiões oceânicas (FOXTON, 1970; SCHUKAT et al., 2013; ARIZA et al., 2016; GUIDI et al., 2016).

Em regiões de ilhas oceânicas do Atlântico Tropical estima-se que ocorram mais de 200 espécies de decápodes pelágicos e bentônicos (e.g. ORTMANN, 1893; GURNEY, 1960; CHACE, 1966; HEEGAARD, 1966, 1969; HOLTHUIS et al., 1980; MANNING & CHACE, 1990; COELHO et al., 2006, 2008; COELHO FILHO, 2006; PAIVA et al., 2007; ALVES et al., 2008; KOETTKER et al., 2010; BRANDÃO et al., 2012; LIRA et al., 2017). Essas regiões são destacadas por apresentarem uma grande diversidade local e são considerados oásis dentro do sistema oceânico oligotrófico do Atlântico Tropical (TRAVASSOS et al., 1999). Estes verdadeiros oásis oceânicos aumentam a biomassa fitoplanctônica nas partes mais próximas das ilhas em até 86% em relação às condições oceânicas (GOVE et al., 2016) e conseqüentemente aumentam a biomassa zooplanctônica ao

redor desses ambientes, tornando-os importantes locais de produtividade biológica e áreas de exploração pesqueira. Dessa forma, ilhas oceânicas, atóis e montes submarinos funcionam como *hotspots* de biodiversidade em oceanos tropicais oligotróficos (DOTY & OGURI, 1956; GOVE et al., 2016).

Esse aumento na biomassa planctônica é acarretado pelo “efeito- ilha”, que é o resultado da interação causada pelas feições geomorfológicas responsáveis em modificar a hidrodinâmica das correntes oceânicas e causar vórtices, ressurgências e outros efeitos de turbulência; como os montes submarinos, arquipélagos e atóis (TRAVASSOS et al., 1999; TCHAMABI et al., 2017), fazendo com que a água localizada abaixo da termoclina atinja a camada de água mais superficial (DOTY & OGURY, 1956; GOVE et al., 2016).

As comunidades zooplanctônicas são representadas como uns dos principais contribuintes para o aumento da produtividade ao redor desses ambientes, além de estarem associadas ao fator de disponibilidade de nutrientes, estão estruturadas espacialmente, e sua dinâmica é determinada por uma combinação de outros fatores abióticos; como temperatura, salinidade, correntes oceânicas e vórtices (ANGER, 2001; VILLAR et al., 2015; MELO-JÚNIOR et al., 2016), e também, por fatores bióticos como pressão de predação, parasitismo, mutualismo e simbiose (LEZAMA-OCHOA et al., 2011; LIMA-MENDEZ et al., 2015).

Em alguns casos, os fatores biológicos podem atuar mais fortemente e caracterizar a estruturação do zooplâncton, como por exemplo, na pressão de predação e em migrações verticais diárias, e podem formar agregados biológicos denominados de “bioclinas” (LEZAMA-OCHOA et al., 2011). Estas estruturas biológicas chegam a ser mais influentes na conservação de altas diversidades no zooplâncton do que os fatores abióticos (LIMA-MENDEZ et al., 2015; LEZAMA-OCHOA et al., 2011).

As interações entre estes fatores abióticos e bióticos, como a composição de tamanho e biomassa dessas comunidades zooplanctônicas, podem servir como elementos para a comparação entre os compartimentos de um mesmo ecossistema e também entre ecossistemas diferentes (SHELDON et al., 1972, 1977; MASSON et al., 2004; MARCOLIN et al., 2013; 2015 a,b). A distribuição e estruturação do zooplâncton dentro da coluna d'água, assim como a distribuição de tamanho e os espectros de biomassa (padrões da relação biomassa total vs biomassa individual) do plâncton têm despertado o interesse nos estudos de ecologia de populações de comunidades e de ecossistemas (GORSKY et al., 2010; MARCOLIN et al., 2013; 2015 a,b), constituindo a diversidade de tamanhos uma ferramenta importante para uma estimativa aproximada da diversidade taxonômica (GORSKY et al.,

2010). Esses estudos também podem auxiliar na compreensão de vários aspectos da dinâmica e papel do zooplâncton e suas agregações dentro dos ecossistemas marinhos (e.g. teia trófica) (MARCOLIN et al., 2013; 2015 a,b).

A ordem Decapoda que foi o grupo foco desse estudo pertence atualmente ao grupo dos Eucarida (Filo Arthropoda, Subfilo Crustacea, Classe Malacostraca) (MARTIN e DAVIS 2001; DE GRAVE et al., 2009) e é separado dos outros grupos pela sua diagnose geral: apresentam cinco pares de pereiópodes bem desenvolvidos e três pares de apêndices bucais (maxillípedes) (MARTIN et al., 2014). Os decápodes são o grupo mais representativo em termos de espécie entre os crustáceos, apresentando aproximadamente 18.000 espécies, entre as quais se destacam representantes de elevada importância pesqueira, como camarões, caranguejos e lagostas (MARTIN e DAVIS, 2001; DE GRAVE et al., 2009; AHYONG et al., 2011). Esses organismos podem ser classificados em duas grandes Superordens, Dendrobranchiata e Pleocyemata, que se diferenciam basicamente devido ao desenvolvimento de seu ciclo larval e também na morfologia das brânquias (MARTIN et al., 2014).

Estudos de espectro de tamanho e biomassa em regiões tropicais usando o ZooScan

O tamanho corpóreo limita interações presa-predador e a fisiologia, fazendo com que os espectros de tamanho do plâncton tenham sido nomeados como descritores sintéticos da estrutura e funcionamento da comunidade planctônica (GLAZIER, 2005). Os resultados do espectro de tamanho intra-individual (metabolismo, crescimento, morte natural) e processos inter-individuais (predação, pastagem, reprodução), levam a transferência de energia a partir do menor para o maior organismo em uma comunidade (ZHOU, 2006, 2010). Recentemente, foram desenvolvidas ferramentas de sistemas de imagens e de classificação supervisionada fornecendo medições de tamanho de qualquer objeto *in situ* ou em amostras de rede e classificando os automaticamente em categorias previamente definidas (ZooScan), que é um equipamento óptico representado por uma máquina que escaneia as partículas despejadas em seu frame (GROSJEAN et al., 2004; GORSKY et al., 2010).

O espectro de biovolume e biomassa são feitos alocando todos os organismos em classes de tamanho, de acordo com sua massa corporal individual (tamanho), e somando o total de biomassa existente em cada classe. Estimativas de abundância, biovolume e biomassa são um meio indireto de identificar a produção, de fundamental importância para entender o papel ecológico dos organismos planctônicos em um ecossistema (RODRIGUEZ e MULLIN,

1986). Essas estimativas são conhecidas em poucas regiões do mundo quando se trata dos Décapodes planctônicos, apesar de sua reconhecida importância, tanto ecológica quanto socioeconômica.

A abundância, biovolume, biomassa e espectro de tamanho para o mesozooplâncton têm sido amplamente estudados ao longo dos últimos anos (OHMAN et al., 2012; FOREST et al., 2012, GARCÍA-COMAS et al., 2014, DAI et al., 2016), incluindo estudos na costa brasileira, principalmente na região subtropical (MARCOLIN et al., 2013; SCHULTES et al., 2013; MARCOLIN et al., 2015; SILVA et al., 2016). Esses estudos se concentraram fortemente nos copépodes quando comparados com os outros constituintes do zooplâncton, porquanto esses organismos dominam em abundância e biomassa na comunidade zooplânctônica na maioria dos oceanos do mundo, enquanto que para as comunidades de Decapoda planctônicos, os estudos geralmente se restringem à distribuição temporal e espacial da abundância (ANGER, 2001). Com exceções do estudo que caracterizou a biomassa, estrutura de tamanho e composição taxonômica de eventos de alimentação de tubarão-baleia que incluíam grande abundância de *Lucifer hansenii* em uma ilha da Tanzânia (ROHNER et al., 2015) .

O tamanho e biomassa do zooplâncton tornaram-se ferramentas valiosas para estimar a estrutura dos ecossistemas marinhos (MATSUNO et al., 2012, SATO et al., 2015). Contudo, os vários métodos de medição do tamanho do zooplâncton e da biomassa apresentavam uma menor eficiência pois, por exemplo, era demandado muito tempo para a medições de organismos em lupas e ou microscópios. Parâmetros de tamanho, biovolume e biomassa da comunidade planctônica vêm sendo estudados como técnicas inovadoras, a exemplo de estudos utilizando o sistema ZooScan, passou a fornecer, além de estimativas robustas de biovolume de zooplâncton, informações ecológicas dos grupos (GROSJEAN et al., 2004; GORSKY et al., 2010), tais como, a contribuição indireta da quantidade carbono desses organismos no ambiente.

Nos últimos anos, esse sistema vem sendo amplamente utilizado por permitir um rápido processamento de amostras, obtenção de resultados, medição e contagem dos organismos zooplânctônicos com o objetivo de analisar e monitorar vários ambientes marinhos ao redor do mundo (FOREST et al., 2012, OHMAN et al., 2012; GARCÍA-COMAS et al., 2014, DAI et al., 2016), incluindo estudos na costa brasileira, principalmente na região subtropical (SCHULTES et al., 2013; MARCOLIN et al., 2013; 2015; SILVA et al., 2016). No entanto, em ambientes com grande importância ecológica e econômica, como ilhas

oceânicas em regiões tropicais essas informações ainda são iniciais (e.g. MARCOLIN et al., 2013, 2015a), assim como informações sobre a distribuição de tamanhos ao redor das mesmas. Dessa forma, a presente pesquisa descreve pela primeira vez os espectros de tamanho e a contribuição de organismos zooplancônicos com ênfase nas larvas de decápodes para as comunidades em torno de ilhas oceânicas tropicais do Oceano Atlântico (Arquipélago de Fernando de Noronha). Os resultados desse estudo poderão ser utilizados para melhor entender o papel destes organismos nesses ecossistemas marinhos tropicais e como eles podem estar interligados.

Conectividade e dispersão entre ambientes insulares oceânicos do Atlântico Tropical

Espécies marinhas que apresentam estágio larval pelágico, como por exemplo, várias espécies de decápodes, expõem um grande potencial de conectividade genética entre populações de ambientes fisicamente distantes, e podem exibir baixas ou nenhuma variação genética entre si (FARHADI et al., 2013; RODRÍGUEZ-REY et al., 2013; WEEKS et al., 2014). Esse potencial de grande conectividade está atrelado a dispersão das larvas pelas correntes oceânicas que desempenham um papel significativo na conectividade genética das populações marinhas (PALUMBI 1994; RUDORFF et al., 2009 a,b; FARHADI et al., 2013).

Alguns estudos em ambientes insulares oceânicos do Atlântico sul esquematizaram a dispersão larval em conjunto com correntes superficiais e mostraram a possível conectividade de espécies entre vários desses ambientes (RUDORFF et al., 2009a,b). Esses modelos estudaram, por exemplo, a dispersão de lagostas através de modelagem de correntes e satélites em dispersões de aproximadamente 10 meses de viagem entre alguns locais, que poderiam ser aplicados para larvas de lagosta que vivem cerca de doze meses, tempo suficiente para uma ampla dispersão (ABRUNHOSA et al., 2004).

Algumas espécies de Decapoda são endêmicas de ilhas oceânicas e apresentam um ciclo larval com menor tempo de vida na coluna d'água, como por exemplo, os caranguejos semi-terrestres do gênero *Johngarthia*. Representantes desse gênero apresentam aproximadamente 30 dias para chegar à fase juvenil (CUESTA et al., 2007). A espécie *Johngarthia lagostoma* (Milne Edwards, 1837) é um caranguejo restrito a quatro ilhas oceânicas do Atlântico Sul, cuja dispersão em fase adulta é inviável, restando apenas a fase larval para poder se dispersar pelas correntes oceânicas (HARTNOLL et al., 2006). Dessa forma, um estudo do fluxo gênico com espécies como *J. lagostoma* pode servir de subsídio para melhor entender à dispersão das

larvas de decápodes entre as ilhas do Oceano Tropical, tornando-se verdadeiros indicadores biológicos.

Vários estudos utilizando métodos de genética populacional para avaliar a diversidade, conectividade, distância genética e possível estruturação populacional foram realizados em ilhas oceânicas. O fluxo gênico entre ilhas equatoriais do oceano Atlântico foi descrito para algumas espécies marinhas que também apresentam fases pelágicas no seu ciclo-de-vida, como, os estudos realizados com o polvo *Octopus insularis* Leite & Haimovici, 2008, que mostrou alta conectividade entre o Arquipélago de Fernando de Noronha (FN), Atol das Rocas (AR) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (LEITE et al., 2008). A espécie de poliqueta *Eurythoe complanata* (PALLAS, 1766) tem conectividade entre as ilhas de FN, AR, ASPSP, Abrolhos (Brasil) e Ilha de São Tomé (África) (BARROSO et al., 2010). Essa conectividade insular também foi registrada para o peixe recifal *Cephalopholis fulva* (Linnaeus, 1758) entre as ilhas de FN, AR e áreas costeiras do Nordeste Brasileiro (Souza et al., 2015). E, mesmo para os caranguejos, como foi descrito para *Grapsus grapsus* (TECHIMA et al., 2016) e para a espécie chave desse estudo *J. lagostoma* (RODRIGUES-REY et al., 2016), cujo estudos com outros marcadores moleculares demonstraram uma conectividade entre as ilhas de FN e AR. Os dados gerados desses estudos descreveram um alto fluxo gênico entre várias populações de peixes e invertebrados que apresentam ampla ocorrência no Oceano Atlântico (LESSIOS et al., 2001; MUSS et al., 2001; CARLIN et al., 2003; LEITE et al., 2008; ROCHA et al., 2008; BARROSO et al., 2010; KULBICKI et al., 2013; CUNHA et al., 2014; SOUZA et al., 2015; RODRIGUES-REY et al., 2016).

A região do DNA mitocondrial mais recomendada para estudos populacionais conhecida como “alça D” (em inglês: D-loop) é a chamada região não codificadora, na qual se encontram as sequências que controlam os processos de replicação e transcrição do genoma mitocondrial (NAHUM, 2001). Essa região é a mais indicada para estudos populacionais, pois possui alta variabilidade intraespecífica e pode fornecer mais informações sobre a estrutura populacional (LEE et al., 1995). O estudo com a região controle (D’ loop) pode desvendar e mostrar uma história genético-evolutiva mais detalhada como pode ser observado com estudos que utilizam mais de uma região (TURNER et al., 2013) e indicam que o D’ Loop por ser mais sensível em detectar variações mais recentes da população. O mesmo foi utilizado em vários estudos biogeográficos com Decapoda (ver OLIVEIRA NETO et al., 2007, 2008; SUPMEE et al., 2012; FERNANDEZ et al., 2013; RODRÍGUEZ-REY et al., 2013; TURNER et al., 2013).

Estrutura da tese

Este documento foi organizado em capítulos, de maneira a buscar uma melhor abordagem dos objetivos e resultados do trabalho. O presente estudo apresenta conhecimentos sobre zooplâncton com ênfase na Ordem Decapoda ao redor de ilhas oceânicas do Atlântico Tropical, no contexto da diversidade e conectividade biológica e genética. Os aspectos abordados foram riqueza de espécies, fatores biogeográficos como ampliações de registros de espécies, descrição de nova larva, conectividade, espectro de tamanho e biovolume do zooplâncton e a conectividade e estruturação genética do grupo para os ambientes insulares: Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Arquipélago de Fernando de Noronha, Ilha de Ascensão e Ilha de Trindade e Martin Vaz. O documento encontra-se dividido em partes: um primeiro texto integrador, contextualizando os termos da tese escritos com as normas da ABNT (2017) (Introdução, justificativa, objetivos e hipóteses) e mais cinco capítulos que foram redigidos de acordo com as normas específicas das Revistas Científicas para as quais foram ou serão enviados para avaliação. Os primeiros cinco capítulos abordam os organismos planctônicos, e o último, a conectividade genética de decápodes bentônicos ao redor dessas ilhas. O Capítulo I abrange um histórico dos estudos de organismos planctônicos ao redor das ilhas brasileiras, trazendo informações sobre a diversidade de cada ambiente e encontra-se nas normas da *Brazilian Journal of Oceanography*. Em seguida, o capítulo II, para contextualizar o estado da arte da comunidade de decápodes planctônicos em ambientes insulares oceânicos Atlântico Tropical e subtropical. Trata-se de um artigo ainda não submetido para revista *Zootaxa*. O Capítulo III relata a ampliação de ocorrência de espécies de decápodes nas fases planctônicas para o Atlântico Tropical Sul e engloba dois manuscritos, o primeiro relata a ocorrência de duas espécies de decápodes consideradas raras, enquanto que, o segundo descreve uma nova larva da família Laemonidae para o gênero *Naushonia* sp., além de aumentar a distribuição geográfica para a família no mundo. Os dois foram publicados na revista *Zootaxa*. O Capítulo IV foi escrito dentro das normas da revista *Journal of Marine Systems* refere-se à contribuição da abundância, biovolume e espectro de tamanho do zooplâncton com ênfase nos decápodes para a ilha de Fernando de Noronha e enfatiza o efeito-ilha. O Capítulo V encontra-se escrito nas normas da revista *Marine Biology* e apresenta resultados da conectividade e estrutura genética entre ilhas do Atlântico Tropical para o grupo de Decapoda através de um indicador biológico, o caranguejo *J. lagostoma*

2 JUSTIFICATIVA

No Oceano Atlântico Tropical, as correntes que transportam os decápodes e outros organismos planctônicos ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Arquipélago de São Pedro e São Paulo e outros ambientes insulares da região oceânica do Atlântico Sul, estão associadas ao giro do Atlântico Sul e principalmente ao complexo sistema da Corrente Sul Equatorial (STRAMMA e ENGLAND, 1999; RUDORFF et al., 2009 a,b; TCHAMABI et al., 2017). Essas correntes associadas à morfologia geológica das ilhas fazem com que o ambiente ao redor das mesmas seja um forte ponto de biodiversidade biológica e uma significativa fonte de pesca para as regiões oceânicas equatoriais do oceano Atlântico, fenômeno conhecido como “efeito ilha” (TCHAMABI et al., 2017). Apesar das importâncias destacadas para o grupo e para esses ambientes, a contribuição em tamanho e biovolume dos decápodes ainda não foram quantificadas para as comunidades planctônicas nessas regiões.

O conhecimento atual sobre os decápodes planctônicos e a conectividade genética para o grupo ao redor desses ambientes ainda é muito limitado. Em relação às comunidades planctônicas o ambiente mais estudado foi o ASPSP, principalmente para as camadas superficiais, com estudos que forneceram descrições da composição e abundância desses organismos ao redor da ilha (KOETTKER et al., 2010; BRANDÃO et al., 2012; 2013; MELO et al., 2012; LIRA et al., 2017). Para o AR e FN, os estudos de organismos planctônicos ainda são pontuais (LIRA et al., 2017). Dessa forma, estudar a abundância, em conjunto com o biovolume, biomassa e espectro de tamanho desses organismos dentro da comunidade planctônica, é crucial para entender o papel destes dentro do ecossistema e de que forma contribuem dentro da comunidade pelágica marinha, principalmente ao redor de FN que além de uma importância biológica, apresenta uma grande valoração de bens ambientais e pesqueiros.

As mudanças nas comunidades planctônicas ocasionam modificações significativas estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema marinho (BRANDINI et al., 1997). Indiretamente, o biovolume planctônico pode fornecer informações fundamentais da produção pesqueira e dos ciclos biogeoquímicos. O tamanho e biovolume do zooplâncton tornou-se uma ferramenta valiosa para estimar a estrutura dos ecossistemas marinhos (MATSUNO et al., 2012; SATO et al., 2015) e também foi utilizado nesse estudo.

As técnicas moleculares quando aplicadas em áreas oceânicas podem auxiliar na identificação de fontes e sumidouros de dispersão larval e são cruciais para otimizar áreas de proteção marinhas (COLEMAN et al., 2011). Essas ferramentas são utilizadas para identificar

e reconhecer a distribuição geográfica e a composição genética de comunidades de animais. Além disso, permitiram levantar dados detalhados sobre a história das espécies, sua filogeografia, os padrões de dispersão, a estrutura populacional e a história demográfica das populações (OLIVEIRA-NETO et al., 2007, 2008; FARHADI et al., 2013; FERNÁNDEZ et al., 2013; RODRÍGUEZ-REY et al., 2013; TURNER et al., 2013; MANTELATTO et al., 2014, AMARAL et al., 2015).

Esses tipos de ferramentas moleculares associadas aos estudos clássicos de taxonomia, tamanho, abundância, contribuição dos organismos e taxas de diversidades biológicas, assim como a conectividade entre os ambientes devem ser considerados.

Neste estudo, foi descrita a hidrografia e as influências das correntes associadas ao fator ilha, a abundância, biovolume e espectros de tamanho de decápodes planctônicos até profundidades de 150 metros na região do Arquipélago de Fernando de Noronha, assim como a diversidade de larvas de decápodes em ilhas oceânicas do Atlântico Tropical. Além disso, descreveu o fluxo gênico de uma espécie de Decapoda considerada como indicador biológico, *Johngarthia lagostoma* (Milne Edwards, 1837), que só ocorre nesses ambientes oceânicos do Atlântico Tropical utilizando uma região genética altamente variável (região controle: D'loop).

3 OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo foi investigar a distribuição espacial de atributos da comunidade de decápodes planctônicos em ilhas oceânicas do Atlântico Tropical e investigar a conectividade entre estes ambientes a partir de uma espécie semi-terrestre co-ocorrente.

Objetivos específicos

- 1- Fazer um levantamento dos estudos com o zooplâncton ao redor de ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil (Capítulo I);
- 2- Identificar, em menor nível taxonômico possível os crustáceos decápodes planctônicos da área estudada (Capítulo II);
- 3- Quantificar e comparar a comunidade dos decápodes planctônicos e verificar suas variações espaciais em relação às correntes predominantes locais e também com as variações diurnas e noturnas (Capítulo IV);
- 5- Caracterizar os espectros de tamanho dos crustáceos decápodes planctônicos em ambientes de ilhas oceânicas tropicais (Capítulo IV);
- 7- Quantificar o fluxo gênico do Decapoda terrestre *Johngarthia lagostoma* entre as ilhas oceânicas do Atlântico Tropical (Capítulo V).

4 HIPÓTESES

Hipótese central

H1- Existe uma contribuição relevante dos decápodes para a comunidade do zooplâncton.

H2- Espécies de decápodes que apresentam uma fase do seu ciclo de vida no plâncton são bons indicadores de conectividade genética entre as ilhas oceânicas do Atlântico Tropical.

Hipóteses

- 1- Existem relevantes lacunas do conhecimento biogeográfico da diversidade de Decapoda nesta região, especialmente referente a espécies raras e pouco abundantes na natureza (Capítulo II e III);
- 2- A distribuição dos decápodes meroplânctônicos apresenta diferenças associadas à presença da ilha, com distribuição diferenciada a montante e a jusante da mesma (efeito-ilha) (Capítulo III);
- 3- Existe uma contribuição de larvas de decápodes meroplanctônicos (por exemplo, Brachyura, Anomura, Palinura e Caridea), para a comunidade zooplanctônica ao redor de ilhas oceânicas do Atlântico Tropical (Capítulo IV);
- 4- Existe fluxo gênico do Decapoda semi-terrestre *Johngarthia lagostoma* entre ilhas oceânicas tropicais, de modo que, quanto menor a distância geográfica entre as ilhas maior a conectividade entre elas (Capítulo V).

5 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS

A área de estudo compreendeu o Atol de Rocas (AR) (3°51'S, 33° 49'O), Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (0°55'N, 29°2'O), Arquipélago Fernando de Noronha (FN) (03°51'S, 32°25'O) e o Arquipélago de Trindade e Martin Vaz (TR) (20°31'S, 29°19'O), localizados a oeste do Oceano Atlântico, e a ilha de Ascensão (7°56'S, 14°25'O) na área central do Oceano Atlântico (Fig. 1).

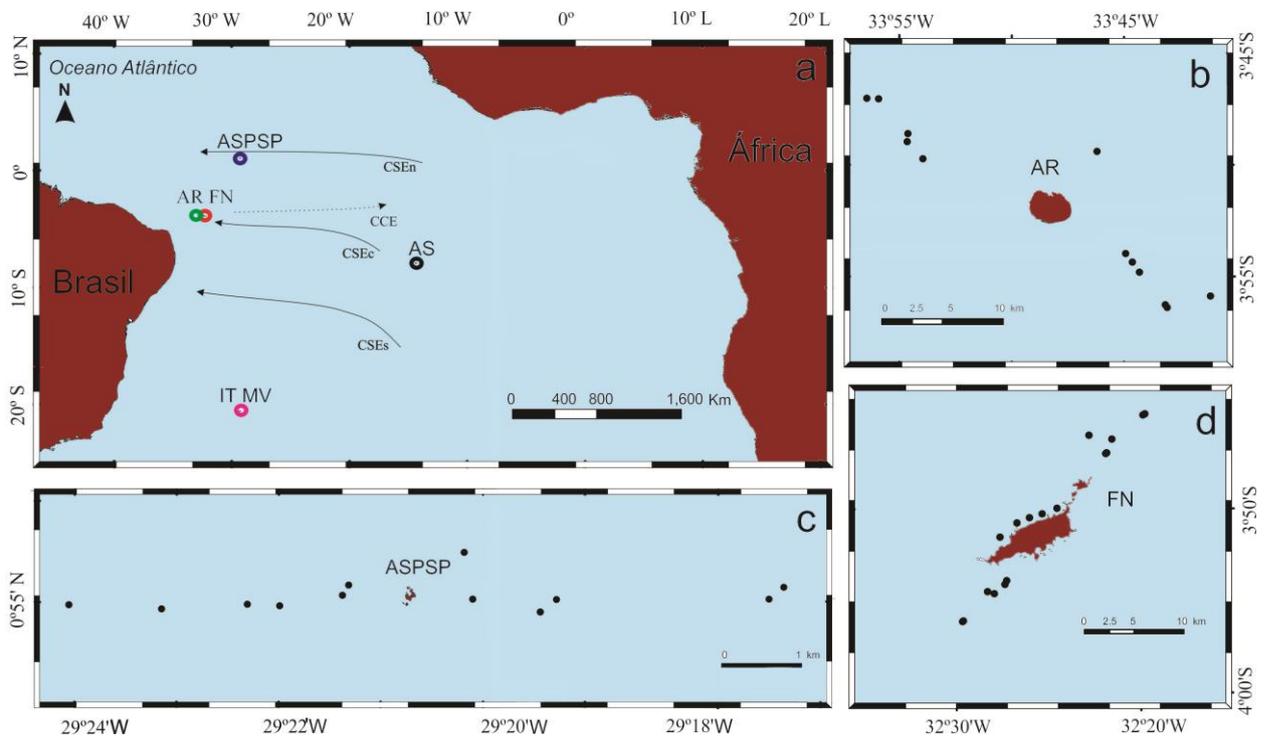
O Oceano Atlântico pode ser dividido em duas regiões distintas: o oceano Atlântico Leste e o Atlântico Oeste. As ilhas de FN, AR e TR são geograficamente separadas pela barreira aberta conhecida como Barreira do Atlântico Central (LESSIOS et al., 2001; MUSS et al., 2001; CARLIN et al., 2003; LEITE et al., 2008; ROCHA et al., 2008; BARROSO et al., 2010; KULBICKI et al., 2013; CUNHA et al., 2014; SOUZA et al., 2015).

As regiões de FN e AR estão inseridas no topo de uma cadeia de montanhas submarinas (Cadeia de Fernando de Noronha) e distam 148 km uma da outra. O Parque Nacional Marinho e Área de Proteção Ambiental Estadual do Arquipélago Fernando de Noronha estão localizados a 345 km da costa brasileira e a Reserva Biológica Atol das Rocas encontra-se cerca de 260 km do Rio Grande do Norte (KIKUCHI e LEÃO, 1997). A Ilha de Trindade e o Arquipélago Martin Vaz, localizados a cerca de 1.200 km da costa central do Brasil, encontram-se em uma cadeia associada ao ambiente costeiro (Cadeia de Vitória-Trindade). Essa ilha apresenta um grande endemismo de espécies e está sob um regime de correntes marinhas diferenciado (SIMON et al., 2013) das outras ilhas. TR é uma ilha militar e é gerida de forma diferente das ilhas de FN e AR. A ilha Britânica de Ascensão está separada a mais de 1500 km da costa Oeste Africana, e mais de 2000 km das ilhas brasileiras (HARTNOLL et al., 2006, 2009). Apresenta um sistema próprio de legislação baseado nas leis das ilhas de Santa Helena e algumas partes de leis britânicas. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00° 55' N, 29° 21' W) é uma área de proteção ambiental (APA) isolada e pertence à Zona Econômica Exclusiva brasileira (APABLAZA, 2010). Está localizado nas proximidades da cordilheira Meso-Atlântica e é formado por um grupo de dez pequenas ilhas que emergem de profundidades abissais até alguns metros acima da superfície do mar (BRANDÃO et al., 2013).

A dinâmica das correntes em torno dessas áreas está relacionada ao complexo sistema da Corrente Sul Equatorial (STRAMMA & ENGLAND, 1999). Esse sistema é constituído principalmente pela Corrente Sul Equatorial (CSE) e suas vertentes. A CSE é

originada na porção leste do Oceano Atlântico, e segue no sentido Leste-Oeste passando pela Ilha de AS, FN e o AR. Ao se aproximar do continente brasileiro a CSE se bifurca na Corrente Norte do Brasil (CNB) e Corrente do Brasil (CB). A CB segue em sentido Sul e atinge a Ilha de TR-MV(RODRIGUES et al., 2007). Essas correntes sofrem influência da variabilidade sazonal provocada pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical Sazonal. Intensificações das correntes CSE e CB podem acontecer nos meses de setembro até novembro, tornando-se mais fracas nos meses de junho e julho (RODRIGUES et al., 2007).

Figura 1. a. Mapa da área de estudo em ambientes insulares do Oceano Atlântico Tropical, mostrando o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (círculo azul), Atol das Rocas (RA) (círculo verde), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) (círculo vermelho), Ilha da Trindade e Martim Vaz (TR) (círculo rosa) e Ilha de Ascensão (AS) (círculo preto), com principais correntes oceânicas CSEn- Corrente Sul equatorial ramo Norte; CCE- Contra Corrente Sul Equatorial; CSEc- Corrente Sul Equatorial ramo central e CSEs- Corrente Sul Equatorial ramo sul. b-d. Ilustram as ilhas que tiveram arrastos de plâncton com pontos pretos: estações de amostragem.



Fonte: Simone Lira

Resumo

Nas áreas oceânicas oligotróficas do Oceano Atlântico Sul ilhas oceânicas funcionam como verdadeiros hotspots de biodiversidade. No Brasil, essas ilhas estão situadas em duas regiões latitudinais: na região equatorial (entre 1°N e 10°S) se incluem o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) e Atol das Rocas (AR), e mais ao sul (entre 10 e 20°S) se encontra o Arquipélago de Abrolhos (AB). Os estudos nesses ambientes se iniciaram por volta da década de 80 em grandes expedições, como a expedição Challenger, com o principal foco na pesquisa taxonômica, descrevendo numerosas espécies de diversos táxons zoológicos. A partir da década de noventa, os estudos com foco ecológico, começaram a descrever melhor a distribuição espacial e temporal das comunidades, dentre estas as de zooplâncton ao redor dessas áreas. Atualmente, estão sendo realizados estudos que abrangem não apenas as distribuições espaço temporais, mais também utilizando outras ferramentas como a biologia molecular, e o uso da acústica pra descrever as comunidades dessas regiões. O presente estudo realiza uma revisão sobre o atual conhecimento do zooplâncton encontrado em ambientes oceânicos insulares do Nordeste do Brasil. A metodologia utilizada para obtenção dos dados consistiu em pesquisa bibliográfica utilizando diferentes bases de dados (Plataforma Lattes, SCOPUS, Web of Science e Scielo), inserindo como palavras chave: zooplâncton, os seus principais grupos taxonômicos e os locais de interesse, de forma isoladas e/ou em conjunto, podendo a literatura ser artigos, teses e dissertações publicados até fevereiro de 2017. Foi possível observar que o número de publicações se incrementou em quatro vezes nas últimas duas décadas, principalmente na região do ASPSP. De acordo com os temas dos trabalhos revisados este estudo foi dividido em três temáticas principais: (1) tipo de publicação e língua que os estudos vêm sendo realizados; (2) diversidade e atual conhecimento da fauna zooplanctônica das ilhas oceânicas tropicais do Brasil; (3) estratégias de amostragem para o estudo de zooplâncton. Esta breve revisão será útil como ponto de partida para a delimitação de novas investigações de zooplâncton em ilhas tropicais Oceânicas do Brasil.

Palavras Chave: Ilhas oceânicas tropicais, Zooplâncton, Zoonêuston

INTRODUÇÃO

Muitas expedições científicas coletaram zooplâncton ao redor das ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Abrolhos (AB). Os primeiros trabalhos foram realizados em expedições oceanográficas históricas, como a expedição Challenger. Os trabalhos iniciais originados dessas expedições foram puramente taxonômicos, descrevendo e relatando espécies de diferentes grupos e incluindo os organismos do zooplâncton (e.g. BATE, 1885; THOMSON, 1878).

Em muitas décadas, o conhecimento da fauna planctônica foi acumulado de forma fragmentada e devido a baixa frequência de expedições realizadas até o a década de 1990, quando diferentes projetos oceanográficos existentes até hoje, como JOPS I e II (Joint Oceanographic Project), REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), Camadas Finas I e II, ABRACOS I e II (Acoustics along the BRAZilian COaSt), começaram a ser realizados. Dados mais robustos e repetidos começaram a ser publicados principalmente para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), por haver iniciativa de projetos financiados em conjunto com o ProArquipélago (CNPQ) e Marinha do Brasil (ALVAREZ et al., 2009).

O conhecimento acumulado de estudos da fauna planctônica do território brasileiro (costas e ilhas), com o seu histórico detalhado desde o 1819 até o início de 1997 pode ser observado no estudo de Brandini et al. (1997). Esse estudo cita para as regiões insulares as pesquisas relacionadas ao cruzeiro do NOc. “Victor Hensen” no Nordeste do Brasil em janeiro/fevereiro de 1995 no âmbito do JOPS-II (EKAU & KNOPPERS, 1996), dados qualitativos e quantitativos do zooplâncton da região oceânica ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) e do Atol das Rocas (AR). Desde dessa revisão, outros estudos foram realizados ao redor dos ambientes insulares oceânicos brasileiros e é de extrema importância ressaltar e descrever todos em eles dentro de um mesmo documento.

De forma geral, os estudos ao redor de ilhas e região adjacente no Nordeste do Brasil foram limitados principalmente para a comunidade planctônica mesopelágica (e. g. EKAU & KNOPPERS, 1996; OLIVEIRA & LARRAZÁBAL, 2002; LARRAZÁBAL & OLIVEIRA, 2003; DIAZ et al., 2008; KOETTKER et al., 2010; BRANDÃO et al., 2012; MACEDO-SOARES et al., 2012, BRANDÃO et al., 2013; LIRA, 2013; LIRA et al., 2014, SOUZA et

al., 2014; LIRA et al., 2017a,b). Esse tipo de coleta é menos custosa em relação às coletas realizadas com outros tipos de malhas e em regiões mais profundas. Dessa forma, os vários estudos com os objetivos de investigar a influência das ilhas sobre a hidrodinâmica local e a produtividade biológica que incluíram dados quali-quantitativos de vários táxons e também a estrutura da comunidade planctônica em relação a vários parâmetros ambientais foram descritas ao redor desses ambientes (e. g. EKAU & KNOPPERS, 1996; OLIVEIRA & LARRAZÁBAL, 2002; LARRAZÁBAL & OLIVEIRA, 2003; DIAZ et al., 2008; KOETTKER et al., 2010; BRANDÃO et al., 2012; MACEDO-SOARES et al., 2012, BRANDÃO et al., 2013; LIRA, 2013, LIRA et al., 2014, SOUZA et al., 2014; LIRA et al., 2017a,b). Apesar de todos esses estudos, grande parte do material coletado desses grandes projetos não foi publicada, e encontram-se como teses e dissertações finalizadas e/ ou andamento, dessa forma, os dados ainda são inacessíveis.

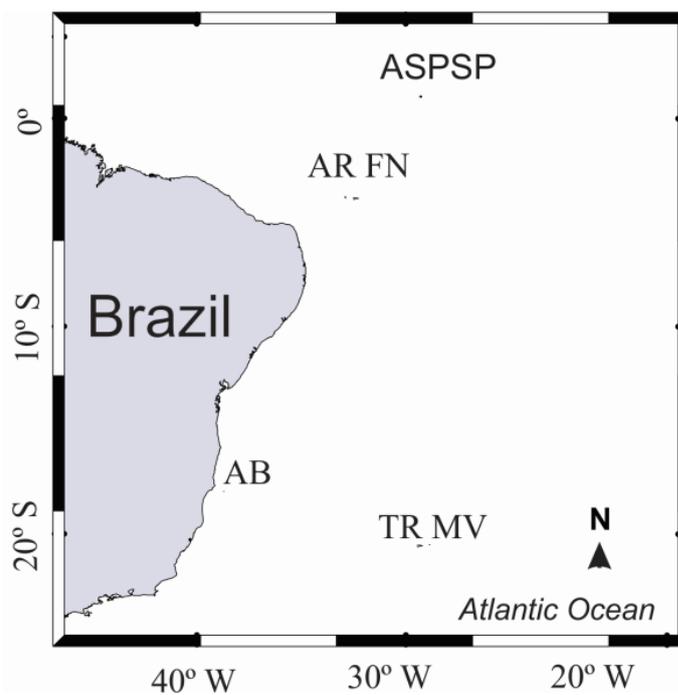
Mundialmente, a maior parte dos estudos de distribuição e ecologia associadas às comunidades planctônicas ao redor de ilhas oceânicas teve como objetivo verificar o efeito ilha que foi descrito pela primeira vez em ilhas no Havai por Doty & Ogury (1956). Este efeito faz com que vórtices e turbulências desestabilizem a termoclina e acarretem no revolvimento e aumento de nutrientes na superfície, aumentando a produtividade biológica ao redor dessas áreas (ver Doty & Ogury, 1956; Gove et al., 2016 e Tchamabi et al., 2017 para uma revisão) (DOTY & OGURY, 1956; DOWER & MACKAS, 1996; TRAVASSOS et al., 1999; LANDEIRA et al., 2010).

Dessa forma, as ilhas oceânicas em áreas tropicais são verdadeiros oásis oceânicos que aumentam a biomassa do fitoplâncton nas partes mais próximas das ilhas em até 86% em relação às condições oceânicas (GOVE et al., 2016), tornando-os importantes locais de produtividade biológica e pesqueira. A reunião de informações sobre a comunidade zooplantônica pode ser de suma importância para a delimitação de novas investigações de zooplâncton em ilhas tropicais Oceânicas do Brasil e podem auxiliar em estratégias de conservação marinha.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando as bases de dados Web of Science, SCOPUS, Scielo e Plataforma Lattes, utilizando palavras chaves isoladas e/ou combinadas como: Island, Ilha, Zooplâncton, plâncton, efeito-ilha, larvas, e os nomes das ilhas estudadas e foram considerados trabalhos publicados até fevereiro de 2017. Os estudos foram selecionados e classificados de acordo com 1) ano de publicação; 2) Tipo de Publicação; 3) comunidade em relação ao tipo de malha 4) grupo foco do estudo.

Figura 1. Mapa do Atlântico tropical ocidental mostrando o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol de Rocas (AR), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN), Arquipélago do Abrolhos (AB) e Ilha de Trindade-Martin Vaz (TR MV).

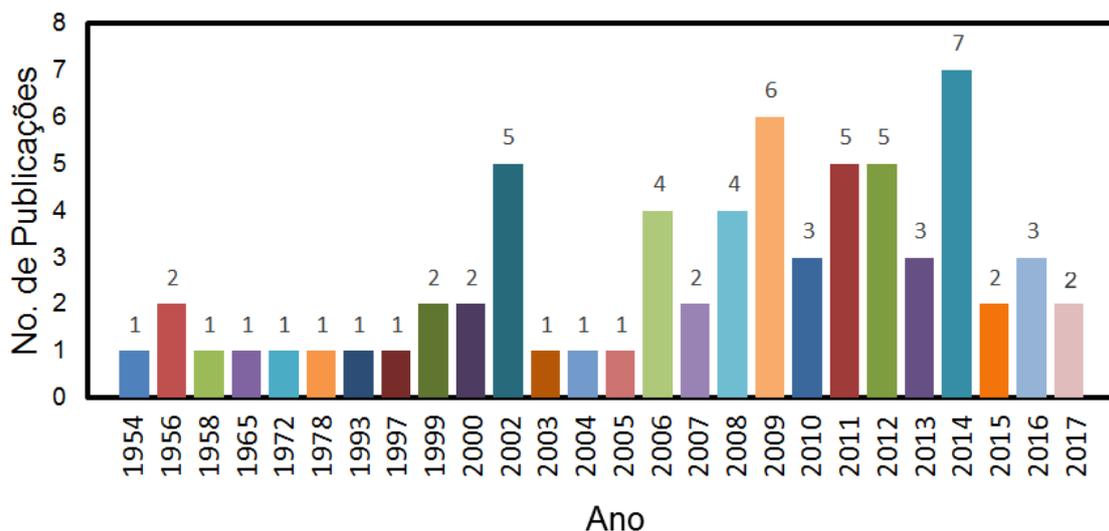


Fonte: Simone Lira

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, obteve-se, através de um extensivo levantamento bibliográfico onde foram levantadas um total de 89 publicações sobre o zooplâncton de ilhas oceânicas tropicais brasileiras. Estes trabalhos foram publicados entre 1954 e 2017. Destas, 68 publicações correspondem a artigos em revistas científicas cinco a livros ou capítulos de livro e 16 a dissertações de mestrado e teses de doutorado. Entre os artigos, 50 foram publicados em revistas indexadas (ISI, Web of Science, Scopus, Scielo) sendo 32 em inglês e 18 em português, e 18 em revistas não indexadas sendo 4 em inglês e 14 em português. Nesse capítulo foram detalhados os estudos com zooplâncton e zoonêuston e o meroplâncton apenas para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia de Fernando de Noronha incluindo o Atol das Rocas e o Arquipélago de Fernando de Noronha e também foi relatada a diversidade de zooplâncton na região de Abrolhos. Em relação aos anos de publicação das revistas, é observado um crescente aumento desde a década de 50 (Figura 2).

Figura 2. Número de estudos realizados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia de Fernando de Noronha incluindo o Atol das Rocas e o Arquipélago de na região de Abrolhos entre os anos de 1954 até meados de 2017.



Fonte: Simone Lira

Arquipélago de São Pedro e São Paulo

O ambiente mais pesquisado quanto aos estudos de zooplâncton e zoonêuston em ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil, é o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (Figura 2). Atualmente, existem dez trabalhos publicados exclusivamente para o local, quatro em revistas internacionais, destes, três apresentam o enfoque na diversidade e ecologia de Decapoda holo- e meroplânctônicos (KOETTKER et al., 2010; BRANDÃO et al., 2013 a,b), e um sobre a distribuição espacial e nictemeral do mesozooplâncton entre a região mais oceânica e mais próxima do arquipélago (MELO et al., 2012). Para as revistas nacionais, foram estudados os Thecosomata e Gymnosomata do ambiente (OLIVEIRA & LARRAZÁBAL, 2002). Também foi verificada a distribuição espacial e nictemeral de Copepoda (MELO et al., 2014a) e o estudo sobre uma anomalia morfológica de uma espécie de Copepoda (MELO et al., 2014b). Publicações em vários ambientes oceânicos, que incluíram o ASPSP, também foram realizadas, como por exemplo, a distribuição e diversidade de Chaetognatha nas áreas insulares e proximidades (SOUZA et al., 2014), e os registros de novas ocorrências do Thaliacea *Thalia cicar* (DIAZ et al., 2008) e do Copepoda *Mormonilla phasma* (MELO et al., 2014b), para o ASPSP e outras áreas do Nordeste do Brasil, assim como o registro de espécies de larvas de Decapoda em ilhas equatoriais que incluiu ASPSP (LIRA et al., 2017a).

Além destes artigos, foram publicados dois capítulos de livro, um que aborda os grupos-chave de zooplâncton na região (DIAZ et al., 2009) e o outro que trata da distribuição do zooplâncton e do grupo Copepoda como representante de espécies indicadoras do fator ilha (MACEDO-SOARES et al., 2009; 2012). Ainda para o ambiente de ASPSP, foram desenvolvidas pesquisas não publicadas ou parcialmente publicadas em alguns artigos, como uma tese de doutorado que descreve a distribuição estratificada do mesozooplâncton com ênfase em Copepoda em ASPSP (MELO, 2013) e mais seis dissertações, uma que inclui a distribuição estratificada do microzooplâncton (CORREIA, 2014), com a mesma estratégia amostral de Melo (2013); uma sobre a distribuição do zoonêuston e do grupo de Decapoda holo e meroplânctônico constituintes do grupo em três ilhas oceânicas, incluindo ASPSP (LIRA, 2013), outra sobre os Siphonophora (Cnidaria) do Arquipélago São Pedro e São Paulo e da Cadeia Norte/Rocas/Noronha (Brasil) (ARAUJO, 2006), e uma sobre paralarvas de cefalópodes e ictionêuston em várias regiões oceânicas (BEZERRA-JUNIOR, 1999). Duas

dissertações foram realizadas para a distribuição dos Euphausiacea, contudo uma apresenta distribuição horizontal em um maior período de coleta (MENEZES, 2012) e outra apresentou a distribuição vertical (LIMA, 2016) com a mesma estratégia de Melo (2013) e Correia (2014).

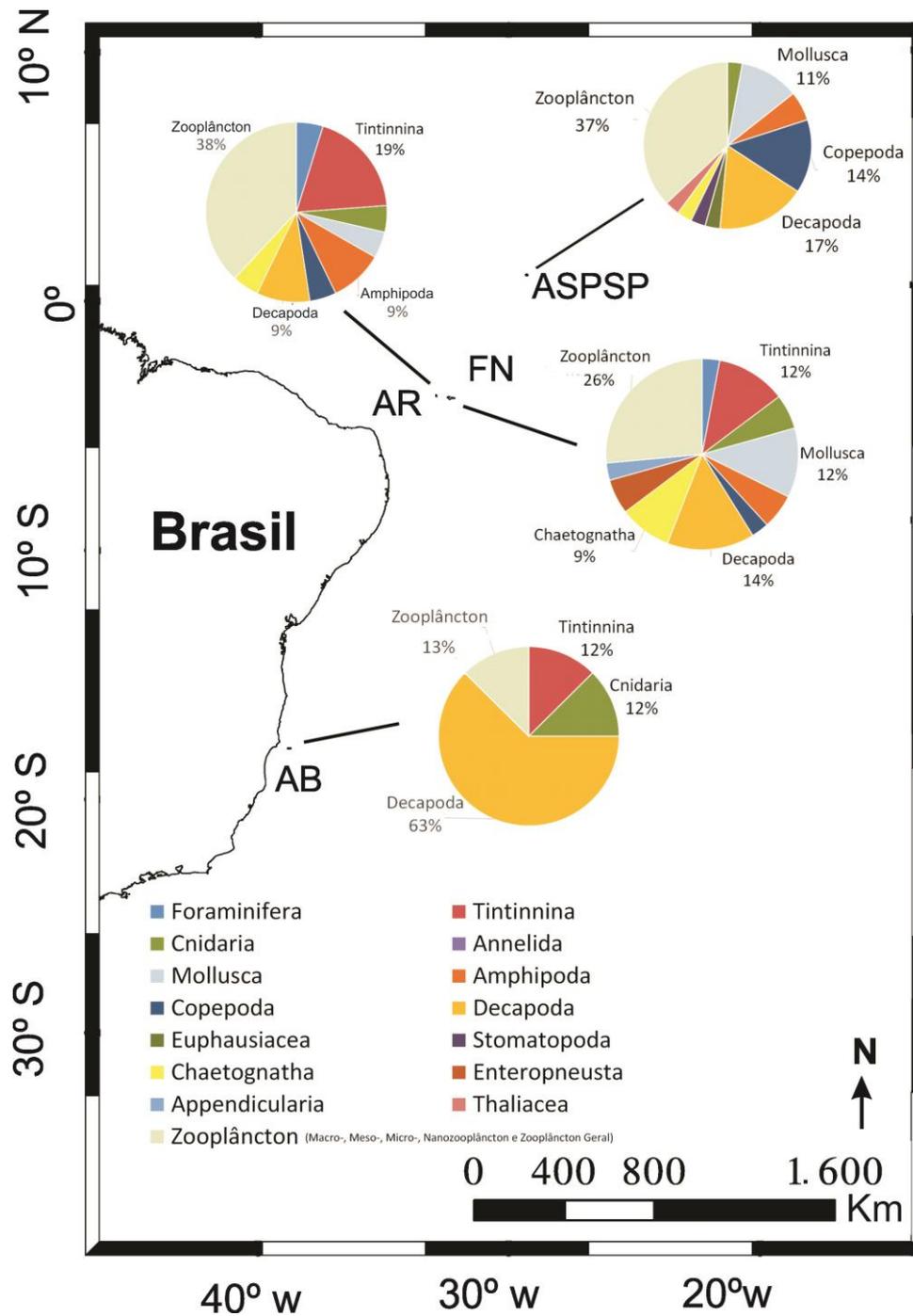
Cadeia de Fernando de Noronha incluindo, o Atol das Rocas e o Arquipélago de Fernando de Noronha

Algumas pesquisas clássicas merecem destaque para estudos iniciais em Fernando de Noronha, como por exemplo, observações a respeito do zooplâncton de Fernando de Noronha publicadas em 1977 por Medeiros & Björnberg (1977), porém este trabalho é bem limitado por descrever algumas espécies identificadas em uma única amostra. Uma revisão sobre estudos de plâncton (BRANDINI et al., 1997), lista também os trabalhos iniciais realizados para o zooplâncton ao redor da Ilha de Fernando de Noronha em janeiro de 1954, quando os estudos descreveram a morfologia de larvas de cefalocordados (BJÖRNBERG, 1954), espécies de quetognatos (VANNUCCI & HOSOE, 1956; HOSOE, 1956), apendiculários (BJÖRNBERG & FORNERIS, 1956) e hidromedusas (VANNUCCI, 1958). Outros estudos mais aplicados foram a distribuição de moluscos Thecosomata e Gymnosomata na cadeia de Fernando de Noronha (FN) (LARRAZÁBAL & OLIVEIRA, 2003), a descrição da composição de zooplâncton no Atol das Rocas (AR) (PINTO et al., 1997), o estudo da estrutura da comunidade dos Tintinnina na região do AR e FN, e um artigo mais recente que descreve a distribuição do Zoonêuston em FN (LIRA et al., 2014). Outros estudos nesses ambientes foram citados anteriormente e incluem um artigo em revista internacional (LIRA et al., 2017), dois em revistas nacionais (SOUZA et al., 2014; 2017) e cinco dissertações (BEZERRA-JUNIOR, 1999; ARAÚJO, 2006; LIRA, 2013; MELO 2015; SANTANA, 2015).

Diversidade planctônica em ilhas oceânicas

As pesquisas citadas englobam tanto o estudo da comunidade zooplanctônica, como os grupos específicos da comunidade (Figura 3). Contudo, os trabalhos com o grupo de mesozooplâncton que englobam as malhas de 200 e 300 μm foram mais explorados em relação àqueles estudos realizados para o microzooplâncton e zoonêuston. Dessa forma, a descrição da comunidade zooplanctônica de regiões insulares oceânicas do Nordeste

Figura 3. Porcentagem por comunidade zooplancônica ou grupos específicos de estudos realizados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Cadeia de Fernando de Noronha incluindo o Atol das Rocas e o Arquipélago de Fernando de Noronha, e na região de Abrolhos. Os estudos foram entre os anos de 1954 e 2017.



Fonte: Simone Lira

brasileiro é reflexo das descrições mais detalhadas dos grupos do mesozooplâncton do ASPSP, que é considerada aquela com maior diversidade, biomassa e densidade planctônica em relação a outras áreas oligotróficas do oceano Atlântico (Boltovskoy, 1981), como em águas costeiras e oceânicas do Nordeste brasileiro que registraram valores inferiores de riqueza zooplanctônica (NEUMANN-LEITÃO et al., 1999; CAVALCANTI & LARRAZÁBAL, 2004).

Corroborando com a mesma informação, Diaz et al. (2009) registraram um total de 205 táxons zooplanctônicos nas águas superficiais do ASPSP no ano de 2005 e Melo et al. (2012) registraram 153 táxons no ano de 2008. Também foram registrados 51 táxons de Decapoda, durante campanhas em agosto e novembro de 2003, março e maio de 2005 (KOETTKER et al., 2010) ; 51 táxons entre Novembro/Dezembro de 2004 e Janeiro, maio e julho de 2005 (BRANDÃO et al., 2013), 20 táxons para os Decapoda dentro do nêuston em agosto de 2010 (LIRA, 2013), além de seis espécies de Chaetognatha (SOUZA et al., 2014).

Os grupos zooplanctônicos registrados em ASPSP pertencem aos Foraminifera, Ciliata e Radiolaria e aos Cnidaria, Mollusca, Annelida, Crustacea, Chaetognatha, Echinodermata e Chordata. Entre eles, os organismos dominantes nas águas superficiais do arquipélago são os microcrustáceos da subclasse Copepoda, característica comum de ecossistemas oceânicos (NEUMANN LEITÃO et al., 1999; PIONTKOVSKI *et al.*, 2006).

Dez espécies de Copepoda (*Clausocalanus furcatus*, *Undinula vulgaris*, *Scolecithrix danae*, *Euchaeta marina*, *Nannocalanus minor*, *Oithona plumifera*, *Oncaea venusta*, *Oncaea media*, *Corycaeus speciosus* e *Farranulla gracili*) foram descritas como organismos-chave nas águas superficiais do ASPSP por apresentarem altas frequências e densidades (DIAZ et al., 2009). Estes Copepoda são na maioria epiplanctônicos de águas oceânicas e se mostram amplamente distribuídos no Atlântico equatorial (BJÖRNBERG, 1981; BRADFORD-GRIEVE *et al.*, 1999). *Undinula vulgaris* foi o único Copepoda nerítico típico de águas quentes de plataforma e da corrente do Brasil (BJÖRNBERG, 1981) encontrado no ASPSP. *Scolecithrix danae*, *Euchaeta marina* e *Nannocalanus minor* são espécies epipelágicas oceânicas de águas subsuperficiais durante o dia e superficiais à noite, com ampla distribuição nas regiões tropical e subtropical (BJÖRNBERG, 1981; BRADFORD-GRIEVE *et al.*, 1999).

O grupo Copepoda também foi observado no ambiente de ASPSP como o grupo mais abundante nos estudos realizados nos anos de 2005 e 2008 com o mesmo tipo de amostragem (DIAZ et al., 2009; MELO et al., 2012), e também foi o grupo mais abundante em ambas as interfaces do nêuston na região, em estudos realizados no ano de 2010 (LIRA, 2013). Devido

aos valores elevados de abundância e biomassa fortemente registrados na área, o grupo foi descrito como indicador do efeito ilha no local (MACEDO-SOARES et al., 2009). Para as outras ilhas, os Copepoda foram descritos como o grupo mais abundante no Atol das Rocas no ano de 1991 (PINTO et al., 1997) e no ano de 2010 (LIRA, 2013), como também foi registrado no Arquipélago de Fernando de Noronha (LIRA et al., 2014).

Para os outros grupos do zooplâncton, Diaz et al. (2009) também registraram mais três organismos-chave holoplanctônicos registrados no ASPSP: Euphausiacea, *Sagitta serratodentata* e *Oikopleura longicauda* e mais quatro constituintes do meroplâncton: cypris de *Balanus* sp., zoeas de *Brachyura* e larvas vitelinas e ovos de peixes (Teleostei: Exocoetidae) também registrados por Melo et al. (2012). Alguns destaques foram realizados dentro da comunidade do Zoonêuston tanto no ASPSP, Atol das Rocas e no Arquipélago de Fernando de Noronha (LIRA, 2013, LIRA et al., 2014). Grande maioria dos grupos registrados no nêuston foi correspondente aos táxons já registrados anteriormente (DIAZ, 2007; MELO et al., 2012), e para o Atol das Rocas (PINTO et al., 1997).

O grupo Phoronida apresentou seu primeiro registro publicado para águas do Oceano Atlântico Tropical no Arquipélago de Fernando de Noronha (LIRA et al., 2014). E o gênero *Halobates* sp., que é um grupo típico do epinêuston, foi registrado nesses ambientes, e apesar ser citado pela primeira vez nessas ilhas, o grupo já é registrado como uma espécie comum em águas do Oceano Atlântico Norte e Sul tropicais, entre 40°N e 30–40°S, para a espécie *Halobates micans* Eschscholtz, 1822 (SCHULZ-BALDES & CHENG, 1981; ANDERSEN e CHENG, 2004).

A diversidade específica de espécies no ASPSP variou de média a alta (1,1 e 5,1 bits·ind⁻¹) e a distribuição entre as espécies se mostrou uniforme no ano de 2005 (equitabilidade > 0,6) (DÍAZ et al., 2009). A mesma variou de 2,08 a 3.85 bits·ind⁻¹ em quatro transectos do ASPSP, para coletas realizadas no mês de maio de 2008 (MELO et al., 2015). As variações que incidem sobre a densidade e nos índices ecológicos dependem dos ciclos reprodutivos das espécies (KOETTKER et al., 2010; BRANDÃO et al., 2013). A dominância de algumas espécies pode ocasionar a diminuição da diversidade do local temporariamente como foi registrado em ASPSP nos anos de 2005 e 2008, quando houve dominância de ovos de peixes (DIAZ et al., 2009, MELO et al., 2012). No Atol das Rocas e FN, as médias de diversidade foram consideradas com status de diversidade médio, e apresentam equitabilidade equilibrada (PINTO et al., 1997; LIRA, 2013).

Abrolhos se caracteriza pela presença de espécies zooplanctônicas típicas da Água Tropical e das águas da plataforma influenciadas pela Corrente do Brasil (BRANDINI et al., 1997; EKAU & KNOPPERS, 1999), com níveis de biomassa e produtividade característicos de águas oligotróficas (SUSINI-RIBERO, 1999).

Entre as comunidades zooplanctônicas estudadas em Abrolhos, o mesozooplâncton está representado principalmente pelos copépodes, sendo as espécies dominantes *Paracalanus quasimodo*, *Temora stylifera* e *Corycaeus giesbrechti* (EKAU & KNOPPERS, 1999). O estudo de menores frações do plâncton mostra como o picoplâncton contribui com a maior porcentagem da biomassa total de carbono (Pico: 64 %; nano: 33 %; micro: 3 %) nesta região (SUSINI-RIBERO 1999). Adicionalmente, estudos de gestão tem mostrado que o microzooplâncton é de grande importância na estrutura trófica desta região e considerado um dos principais itens alimentares da comunidade mesozooplanctônica (EKAU e KNOPPERS, 1999).

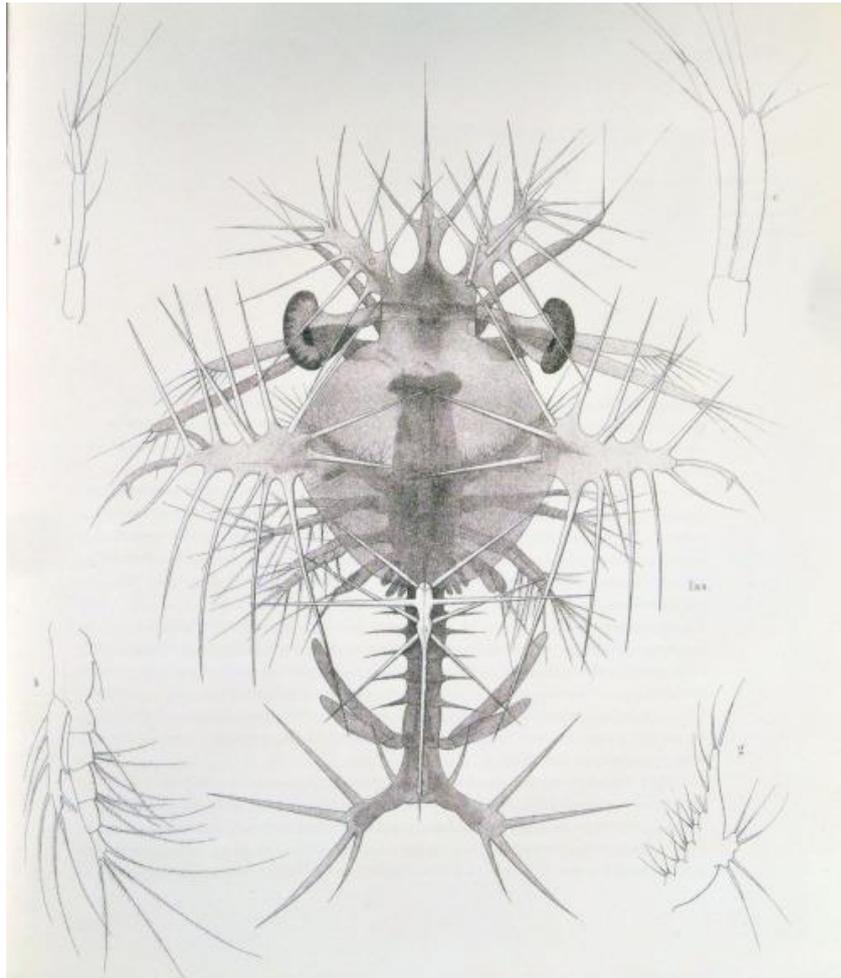
Estudos de fases meroplanctônicas de organismos bentônicos foram realizados por Koettker & Lopes (2013). O objetivo foi estudar a distribuição espacial dos estágios planctônicos larvais de invertebrados bentônicos, com ênfase em larvas de Brachyura, ao longo do banco de Abrolhos e áreas adjacentes. Os principais grupos encontrados foram larvas de Cnidaria, Turbellaria, Nemertea, Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Cirripedia, Stomatopoda, Decapoda e Echinodermata. As larvas de Brachyura (61 morfotipos) apresentaram um gradiente de abundância, encontrando os maiores valores nas estações mais costeiras e os menores nas mais oceânicas. Dentro desse grupo, os organismos mais abundantes foram as larvas de Portunidae e Leucosiidae. Este estudo sugeriu a existência de conectividade entre populações de caranguejos adultos através do transporte de larvas, com ecossistemas adjacentes.

Além da pesquisa taxonômica convencional, estudos da estrutura do ecossistema de Abrolhos têm sido realizados com base no tamanho dos organismos e o seu espectro de biomassa (MARCOLIN et al., 2013; 2015a). O desenvolvimento de novos instrumentos óticos tem permitido realizar este tipo de estudos com maior rapidez e precisão tanto em campo como em laboratório.

7 CAPÍTULO II:

DECÁPODES PLANCTÔNICOS DE ILHAS DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL: UM CHECKLIST COM NOVAS OCORRÊNCIAS

Larva Zoea de *Sergestes* na expedição Challenger.



Fonte: William Thomas Calman (1871–1952).

REVISTA:

Zootaxa

SITUAÇÃO:

Artigo em fase de tradução para o inglês

Resumo

Os crustáceos decápodes planctônicos de ilhas oceânicas do Atlântico Tropical são listados neste trabalho com base em levantamento de literatura de expedições oceanográficas e também com a realização de coletas entre os anos 2010, 2013 e 2014. Nas coletas, as amostras foram obtidas através de três redes de plâncton diferenciadas: rede de nêuston equipada em catamarã; rede bongo e cônico-cilíndrica. As coletas foram realizadas no Atol das Rocas (AR), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Foram registrados 71 táxons incluindo 38 identificados até gênero e 15 até espécie, com a compilação de informações disponíveis sobre esses Decapoda planctônicos apresentando sua diagnose, distribuição e ecologia. Além disso, foram registradas doze novas ocorrências: *Sergestes atlanticus*, *Allosergestes* cf. *sargassi* e um morfotipo da família Albuneidae para o ASPSP, o morfotipos dos gêneros *Gennadas*, *Sycionia*, *Paleomon*; *Lysmata* e *Albunea* e a espécie *Portunus pelagicus* para FN e morfotipo de *Sycionia* e as espécies *B. faxoni* e *L. typus* para AR.

Palavras-chave: Decapoda, Larvas, zoonêuston, zooplâncton, Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Arquipélago de São Pedro São Paulo.

Introdução

Apesar de serem consideradas regiões importantes no desenvolvimento de estudos em ciência marinha, existem poucas publicações que abrangem o conhecimento e a composição taxonômica de Decapoda no Arquipélago de Fernando de Noronha (FN), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (e.g. Fausto-Filho 1974; Holthuis *et al.* 1980; Edwards & Lubbock 1983; Coelho Filho 2006; Coelho *et al.* 2008; Paiva *et al.* 2007; Alves *et al.* 2008; Brandão *et al.* 2013a; Nunes *et al.* 2016; Lira *et al.* 2017). Embora se reconheça a importância dos decápodes para a economia, como lagostas, camarões e caranguejos (Martin & Davis 2001; De Grave *et al.* 2009; Martin *et al.* 2014) os decápodes também são importantes para os ecossistemas, uma vez que larvas são uma das principais fontes de matéria orgânica disponível no oceano (Anger 2001; Schukat *et al.* 2013). Apesar disso, ainda existe uma lacuna considerável de conhecimento sobre estes organismos em ilhas do Oceano Atlântico tropical, principalmente quando se trata de suas fases planctônicas.

Atualmente, Decapoda conta com mais de 18.000 espécies descritas no mundo, o que torna a ordem mais rica dentre os crustáceos (Anger 2001; Martin & Davis 2001; De Grave *et al.* 2009; Ahyong *et al.* 2011). Estima-se que mais de 200 espécies bentônicas e pelágicas ocorram ao redor de ambientes insulares. Nestes ambientes, os estudos mais antigos que relataram alguns decápodes planctônicos em regiões oceânicas do Atlântico Sul são baseados em materiais coletados entre 1873 e 1876 pela expedição oceanográfica Challenger (Bate 1888); entre 1910 e 1913, durante a expedição Terra Nova, e na década 20, com a expedição Meteor. Atualmente existem alguns estudos pontuais ao redor das ilhas oceânicas (ver Fausto-Filho 1974; Holthuis *et al.* 1980; Edwards & Lubbock 1983; Koettker *et al.* 2010; Melo *et al.* 2012; Brandão *et al.* 2013a; 2013b; Marafon-Almeida 2015; Lira *et al.* 2017a,b).

Apesar da crescente quantidade de dados publicados sobre a descrição larval de espécies de decápodes na área costeira tropical do Atlântico, diversas espécies de animais ainda não foram descritas, resultando em uma enorme lacuna de conhecimento sobre o plâncton marinho (ver Lira *et al.* 2017 a). Vários estudos abordaram a distribuição espacial e a diversidade taxonômica das comunidades do zooplâncton em ilhas do Oceano Atlântico Tropical (ver por exemplo, Díaz *et al.* 2008, Koettker *et al.* 2010, Brandão *et al.* 2013a, Macedo Soares *et al.* 2012, Melo *et al.* 2012, Lira *et al.* 2014; 2017 a, b). No entanto, apesar

de algumas exceções, a maioria desses estudos não forneceu a identificação dos decápodes planctônicos ao nível das espécies.

Listas de espécies são essenciais para acompanhar a fauna de diferentes habitats e ecossistemas e podem ser utilizadas como suporte na tomada de decisões para estratégias de conservação. O presente estudo fornece uma lista da composição taxonômica de decápodes planctônicos que ocorrem ao redor de ilhas do oceano Atlântico tropical (FN, AR e ASPSP) e informações sobre a distribuição, ecologia e a presença dos mesmos táxons em outras ilhas oceânicas do Atlântico Tropical e Subtropical.

Material e métodos

Área de estudo. A área de estudo compreendeu o Atol das Rocas (AR) (3°51'S, 33°49'W), o Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) (03°51'S, 32°25'W) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (0°55'N, 29°2'W) (Figura 1).

Coleta e extração de dados. Foram realizadas coletas com redes tipo bongo, rede de plâncton cônico-cilíndricas e redes de nêuston (epinêuston e hiponêuston), totalizando 121 amostras coletadas. As coletas com a rede bongo (malha de 300 e 500 μm) ocorreram apenas no Arquipélago de Fernando de Noronha (FN), até 150 m de profundidade, entre os meses julho e agosto de 2010, totalizando 32 amostras. Em FN, também foram realizados arrastos subsuperficiais com rede cônico-cilíndrica (malha de 300 μm) em áreas mais costeiras, entre julho e dezembro de 2013 e entre junho e novembro de 2014, totalizando 18 amostras. As coletas mais costeiras foram realizadas a bordo de um pequeno barco em cinco estações apenas durante o período diurno. O nêuston foi coletado em todas as áreas (ASPSP, FN e AR) entre julho e agosto de 2010 nos períodos diurno e noturno, totalizando 71 amostras. Imediatamente após a coleta, as amostras foram fixadas separadamente com 4% de formaldeído tamponado com tetraborato de sódio (0,5 g . L⁻¹).

Alguns espécimes foram fotografados com câmeras Zeiss AxioCam RMc e AxioCam 105 usando o software ZEN 2 *Blue edition* (licença nº 1672234489). A identificação foi realizada seguindo literatura especializada de cada grupo. Quando identificado em nível de espécie, a distribuição geográfica foi descrita com base nos dados disponíveis para a fase adulta. Para os táxons que foram classificados até gênero, foram listadas as espécies adultas registradas de acordo com literatura especializada, sendo descritas as ocorrências em outras

ilhas oceânicas do Atlântico Tropical e Subtropical. O nome de cada espécie foi verificado e revisado de acordo com a base de dados WoRMS (World Register of Marine Species).

Na descrição das larvas foram mantidos os nomes originais das fases conforme a referência utilizada, assim como também foram mantidos os sinais de interroções utilizados nas referências para poder designar as fases larvares duvidosas.

Resultados

No que se refere às coletas realizadas com rede cônico-cilíndrica em FN, um total de 1.179 larvas de decápodes foram examinadas. Para as amostras coletadas nas três ilhas (AR, FN e ASPSP) foram analisadas 895 larvas para as amostras de nêuston e 1.207 larvas para as amostras coletadas a partir de redes bongo.

Foram registrados 71 táxons, destes, 18 até à nível de gênero e 19 até espécie: *Aristaeomorpha foliacea*, *Cerataspis monstrosa*, *Gennadas* sp., *Parapenaeus* sp., *Metapenaeopsis* sp., *Sycionia* sp., *Solenocera* sp., *Sergestes* spp., *Deosergestes corniculum*, *Neosergestes edwardsii*, *Sergestes henseni*, *Sergia splendens*, *Sergestes atlanticus*, *Allosergestes cf. sargassi*, *Lucifer typus*, *Belzebud faxoni*, *Stenopus hispidus*, *Amphionides reynaudii*, *Acanthephyra* sp., *Periclimenes* sp., *Leander* sp., *Brachycarpus* sp., *Alpheus* spp., *Synalpheus* spp., *Lysmata* spp., *Naushonia* sp., *Panulirus* spp., *Albunea* sp., *Clibanarius* spp., *Dromia* sp., *Portunus pelagicus*, *Platypodiella spectabilis*, *Grapsus grapsus*, *Pachygrapsus transversus*, *Plagusia depressa*, *Percnon gibbesi* e *Johngarthia lagostoma*. O maior número de táxons foi representado dentro das famílias Sergestidae e Palaemonidae (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de crustáceos decápodes planctônicos presentes ao redor de ilhas oceânicas do Atlântico tropical. FN: Arquipélago de Fernando de Noronha, AR: Atol das Rocas, ASPSP: Arquipélago de São Pedro e São Paulo.*: Organismos fotografados; CC: rede cônico-cilíndrica, Epi: Epinêuston, Hipo: Hiponêuston, HS: Horizontal superficial, H: Organismos holoplanctônicos, M: Organismos meroplanctônicos.

Táxon	Local	Rede/Malha	Tipo de arrasto	Ano de coleta	Hábito
Dendrobranchiata					
Penaeoidea	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
<i>Cerataspis monstrosa</i> *	FN	bongo (300 µm)	Oblíquo	2010	M
<i>Gennadas</i> sp.	ASPSP, FN	CC (200 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
Penaeidae *	FN	CC (300 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
<i>Parapenaeus</i> sp.	ASPSP, FN	CC (200 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
<i>Metapenaeopsis</i> sp.	FN	CC (300 µm), bongo (500 µm)	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
<i>Sycionia</i> sp. *	FN, AR	bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	Oblíquo	2010	M
Solenoceridae	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M

<i>Solenocera</i> sp.	FN	bongo (300 µm e 500 µm)	Oblíquo	2010	M
Sergestidae *	ASPSP, FN	CC (200 µm e 300 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010, 2013 a 2014	H
<i>Sergestes</i> spp.	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	H
<i>Deosergestes corniculum</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	H
<i>Neosergestes edwardsi</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	H
<i>Sergestes henseni</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	H
<i>Sergestes atlanticus</i>	ASPSP	bongo (300 µm)	Oblíquo	2010	H
<i>Allosergestes</i> cf. <i>sargassi</i>	ASPSP	bongo (300 µm)	Oblíquo	2010	H
<i>Sergia splendens</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	H
<i>Lucifer</i> spp.	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	H
<i>Lucifer typus</i> *	ASPSP, FN, AR	bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	Oblíquo	2010	H
<i>Belzebud faxoni</i> *	ASPSP, FN, AR	CC (300 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	H

Pleocyemata

Stenopodidae	FN, AR	CC (300 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
<i>Stenops hispidus</i>	FN	bongo (300 µm e 500 µm)	Oblíquo	2010	M
Spongicolidae *	FN	bongo (300 µm e 500 µm)	Oblíquo	2010	M
Caridea	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm e 300 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010, 2013 a 2014	M
<i>Amphionides reynaldii</i> *	FN	bongo (300 µm)	Oblíquo	2010	H
Pasiphaeidae	FN	CC (300 µm)	HS	2013 a 2014	M
<i>Acanthephyra</i> sp. *	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
Palaemonidae *	ASPSP, FN	bongo (300 µm e 500 µm), Hipo	HS, Oblíquo	2010	M
<i>Palaemon</i> sp. *	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
<i>Periclimenes</i> sp.	ASPSP	CC (200 µm), bongo (300 µm)	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
<i>Leander</i> sp. *	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
<i>Brachycarpus</i> sp.	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
Alpheidae *	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm e 300 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010, 2013 a 2014	M

<i>Alpheus</i> spp.	ASPSP, FN	CC (200 µm), Epi, Hipo	HS	2003 a 2005, 2010	M
<i>Synalpheus</i> spp.	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
Hippolytidae	ASPSP, FN	CC (200 µm e 300 µm), bongo (500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010, 2013 a 2014	M
Lysmatidae	FN	bongo (300 µm)	Oblíquo	2010	M
<i>Lysmata</i> sp. *	FN	bongo (300 µm)	Oblíquo	2010	M
Pandalidae	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
Cangronidae	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
Gebiidea	FN, AR	Epi, Hipo	HS	2010	M
<i>Naushonia</i> sp. *	FN	CC (300 µm)	HS	2013 a 2014	M
Axiidea	FN	CC (300 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
Callianassidae *	FN	CC (300 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
Axiidae	FN, AR	CC (300 µm), bongo (500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
Palinuroidea	AR	Epi, Hipo	HS	2010	M
Palinuridae	ASPSP, FN	CC (200 µm e 300 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010, 2013 a 2014	M

<i>Panulirus</i> sp.	ASPSP, FN	CC (200 µm), bongo (300 µm e 500 µm)	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
Scyllaridae	FN	CC (300 µm)	HS	2013 a 2014	M
Anomura	FN, AR	CC (300 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
Galatheidae	FN	Epi	HS	2010	M
Porcellanidae *	FN, AR	CC (300 µm), bongo (500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2010, 2013 a 2014	M
Albuneidae *	ASPSP	Hipo	HS	2010	M
Paguroidea	FN, AR	CC (300 µm), Epi, Hipo	HS	2010, 2013 a 2014	M
<i>Clibanarius</i> sp. *	FN, AR	CC (300 µm), Epi, Hipo	HS	2010, 2013 a 2014	M
Paguridae	FN	bongo (500 µm)	Oblíquo	2010	M
Brachyura	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm e 300 µm), bongo (300 µm e 500 µm), Epi, Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010, 2013 a 2014	M
<i>Dromia</i> sp.	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
Mithracidae	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
Portuninae	ASPSP, FN, AR	CC (200 µm), bongo (300 µm), Hipo	HS, Oblíquo	2003 a 2005, 2010	M
<i>Portunus pelagicus</i> *	FN	CC (300 µm)	HS	2013 a 2014	M

Trapeziidae	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
Xanthoidea	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
Xanthidae	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
<i>Platypodiella spectabilis</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
Grapsidae	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
<i>Grapsus grapsus</i> *	ASPSP	CC (200 µm e 300 µm)	HS	2003 a 2005	M
<i>Pachygrapsus transversus</i> *	FN	CC (300 µm)	HS	2013 a 2014	M
<i>Plagusia depressa</i>	ASPSP	CC (200 µm)	HS	2003 a 2005	M
<i>Percnon gibbesi</i> *	FN	CC (300 µm)	HS	2013 a 2014	M
<i>Johngarthia lagostoma</i> *	FN AR	manual		2013	M

Classificação Sistemática

Ordem DECAPODA Latreille, 1802

Subordem DENDROBRANCHIATA Bate, 1888

Superfamília PENAEOIDEA Rafinesque, 1815

Família ARISTEIDAE Wood-Mason in Wood-Mason & Alcock, 1891

Gênero *Aristaeomorpha* Wood-Mason in Wood-Mason & Alcock, 1891

***Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827)**

Descrição. Heldt 1955: *Larva Metanáuplio, Protozoa II-III, Zoa I*; Nose 1974: 83 *Larvas Misis*.

Ecologia. As larvas são capazes de realizar migrações verticais e os adultos são bentônicos e de águas profundas, sendo registrados em fundos lodosos com agregações, fossas e cânions submarinos ao longo do talude (Pezzuto 2016). Comentários: É uma espécie de grande interesse econômico no Mediterrâneo e na costa brasileira (Pezzuto 2016).

Distribuição geográfica. Oceano Índico: na costa leste da África do Sul, Moçambique, Madagascar, Ilhas Maldivas, Sri Lanka e Indonésia. No Oceano Pacífico, é citado para Filipinas, Taiwan, Japão, Austrália, Nova Caledônia, Nova Zelândia, Ilhas Wallis e Futuna. No Atlântico, ocorre da Baía de Biscaia até o Saara Ocidental, Açores, Madeira, Canárias, Mar Mediterrâneo, Massachusetts a Florida (EUA), Golfo do México, Mar do Caribe até Venezuela e, no Brasil, da Bahia ao Rio Grande do Sul (Politou *et al.* 2004; Pezzuto 2016).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Açores, Ilha da Madeira e Ilhas Canárias (Pérez Farfante & Kensley, 1997; Dall, 2001; Koettker *et al.* 2010; Brandão *et al.* 2013a).

Gênero *Cerataspis* Gray, 1828

***Cerataspis monstrosa* (Gray, 1828) (Fig. 1a)**

Descrição. Heegaard 1966: 119-125 *Larva Misis I-VI?*; Morgan *et al.* 1985: 249-251 *Larva Misis V*.

Ecologia. As larvas dessa espécie foram largamente registradas no interior de peixes e golfinhos. A fase adulta é encontrada em grandes profundidades (Heegaard 1966). Comentários: Ao longo de 180 anos, essas larvas não foram

associadas a nenhuma forma adulta. Recentemente, um estudo filogenético (Bracken-Grissom *et al.* 2012) mostrou uma grande similaridade genética entre os adultos do Camarão de mar profundo *Plesiopenaeus armatus* (Bate, 1881). A fase larval desta espécie é conhecida como “larva monstro”, devido à sua aparência "monstruosa" (por exemplo, carapaça com vários tubérculos, chifres e espinhos) (Lira *et al.* 2017a) e raramente são encontrados em amostras de zooplâncton (Heegaard 1966; Morgan *et al.* 1988; Lira *et al.* 2017a).

Distribuição geográfica. Leste do Mediterrâneo: Gibraltar; Atlântico oriental: Açores, Santa Helena, Madeira, Canárias, Cabo Verde; África do Sul; Atlântico oeste: Golfo do México; Brasil: Arquipélago Fernando de Noronha, nos estados Bahia e Espírito Santo; Argentina; Oceano Índico oriental: baía de Bengala; Oceano Índico central: Maldivas; Oceano Índico ocidental: Zanzibar, Madagascar; Oceano Pacífico Ocidental: Mar da China Meridional, Japão, Filipinas; Nordeste da Austrália; Pacífico Central: Havaí; Ilhas Wallis e Futuna, Tuamotu (Heegaard 1966; Morgan *et al.* 1985; Pérez Farfante & Kensley 1997; D'Incao 1998; Dall 2001; Tavares & Serejo 2007; Franks & Flowers 2008; Felder *et al.* 2009; Bracken-Grissom *et al.* 2012; Lira *et al.* 2017a).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Açores, Ilha de Santa Helena, Ilha da Madeira, Cabo Verde e Ilhas Canárias (Heegaard 1966; Pérez Farfante & Kensley 1997; Dall 2001; Lira *et al.* 2017a; presente estudo).

Família PENAEIDAE Rafinesque, 1815 (Fig. 1b)

Gênero *Parapenaeus* Smith, 1885

Parapenaeus

Descrição. Cook 1966: 445 *Larva Protozoa I-III, Misis*; Heldt 1938 *Larva Náuplios, Protozoa I-III*; Smith 1885: 170-178 *Adulto*; Subrahmanian 1971: 246 e 250-251 *Larva Protozoa I e Misis*.

Ecologia. Constituem um dos recursos pesqueiros mais explorados em regiões costeiras devido ao alto valor de comercialização. Quando adultos, habitam regiões distantes da costa para reprodução; quando as larvas eclodem e atingem a fase de pós-larva, migram para os estuários onde se desenvolvem até a fase de juvenil (Dall *et al.* 1990).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Ilhas Canárias (Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013; presente estudo).

Gênero *Metapenaeopsis* Bouvier, 1905

Metapenaeopsis

Descrição. Ronquillo & Saicho 1997: 402-411 *Larva Nauplius I-IV, Protozoa I-III, Misis I-III, Pós-larva I (M. barbata)*; Paulinose 1988: 1566-1571 *Larva Misis I-II, Pós-larva I-II (M. mogiensis, M. andamanensis e M. barbata)*

Ecologia. O desenvolvimento larval normalmente inclui mais de 15 estágios, entre náuplios e decapoditos (Fernandes *et al.* 2006) e existem mais de 15 espécies descritas na literatura (De Grave & Fransen 2011). Os adultos são oceânicos e pelágicos, geralmente registrados em profundidades de até 200 m. Comentários: No Brasil, foram registradas três espécies, *M. goodei* (Smith, 1885; *M. hobbsi* Pérez Farfante, 1971 e *M. martinella* Pérez Farfante, 1971, essa última já foi registrada para Fernando de Noronha na fase adulto por Coelho Filho *et al.* (2006). Um morfotipo larval foi registrado na região do banco de Abrolhos por Fernandes *et al.* (2006).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Abrolhos, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ilha de Ascensão (Coelho-Filho 2006; Fernandes *et al.* 2006; Alves 2008; De Grave *et al.* 2014; Marafon-Almeida 2015; presente estudo).

Família BENTHESICYMIDAE Wood-Mason in Wood-Mason & Alcock, 1891

Gênero *Gennadas* Bate, 1881 (Fig.1c)

Descrição. Criales & McGowan 1993: 975-981 *Larva Misis I-IV*; Gurney 1942 *Larva Protozoa II, Zoa I*; Heldt 1938 *Larva Protozoa I-III, Zoa I-II e IV, Pós-larva*; Kurian 1956 *Larva Zoa I-IV*; Suhbramanian & Gunter 1970 *Larva Protozoa III*.

Ecologia. As larvas deste gênero são conhecidas por apresentar fortes migrações verticais, e vivem agregadas entre 500 e 950 m durante o dia e 75 e 450 m durante a noite (Criales & McGowan 1993). Comentários: Existem mais de quinze espécies descritas na literatura (Fransen & Türkay 2017), e *G. brevirostris* Bouvier, 1905 é uma

espécie muito comum, ocorrendo ao longo da costa do Brasil entre profundidades de 130 e 3500 m e em ilhas oceânicas, como no ASPSP (D'Incao 1998). Nesse estudo é ampliada a ocorrência para o Arquipélago de Fernando de Noronha, apesar da larga ocorrência das espécies *G. bouvieri* Kemp, 1909; *G. brevirostris* Bouvier, 1905; *G. capensis* Calman, 1925; *G. scutatus* Bouvier, 1906; *G. talismani* Bouvier, 1906 no Oceano Atlântico (Judkins 2014).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Ilhas Canárias (Lindley *et al.* 2002a; Koettker *et al.* 2010; Macedo-Soares *et al.* 2009; Landeira *et al.* 2010; Landeira & Fransén 2012; Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013; presente estudo).

Família SICYONIIDAE Ortmann, 1898

Gênero *Sicyonia* H. Milne Edwards, 1830 (Fig. 1d)

Descrição. Cook 1966: 445 *Larvas Protozoa I-III, Misis*; Gurney 1943: 2-12 *Larva Náuplio I-III, Protozoa I-II, Zoa I-IV, Pós-larva (Sycionia wheeleri)*; Heldt 1938 *Larva Náuplio, Protozoa I-III, Zoa*; Pérez-Farfante 1988: 22 *Adulto (Sycionia brevirostris)*; Subrahmanian 1971: 247 e 253 *Larva Protozoa I e Misis*.

Ecologia. Os camarões adultos podem ser encontrados na plataforma continental em uma grande variedade de substratos (D'Incao 1995) e pode se estender até 100 m de profundidade (Fausto-Filho & Neto 1976). Comentários: Publicações sobre a ecologia das larvas deste gênero são escassos. Seis espécies ocorrem na costa brasileira *Sicyonia burkenroadi* (Cobb 1971), *S. dorsalis*, *S. laevigata* (Stimpson, 1871), *S. olgae* (Pérez Farfante 1980), *S. parri* (Burkenroad 1934) e *S. typica* (Boeck, 1864) (D'Incao 1995) (Fernandes *et al.* 2006). O registro desse gênero nesse estudo constitui ampliações de suas área de ocorrência.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (Presente estudo).

Família SOLENOCERIDAE Wood-Mason in Wood-Mason & Alcock, 1891

Genus *Solenocera* Lucas, 1849

Descrição. Cook 1966: 445 *Larva Protozoa I-III, Misis*; Gurney 1942 *Larva Zoa Heegard 1966 Larva Protozoa III, Zoa II*; Heldt 1938 *Larva Protozoa III, Pós-larva*; Heldt 1955a: 31-48 *Larva Protozoa I-III, Misis I-II (S. membranacea)*; Heldt 1955b *Larva Protozoa I-III, Zoa I-II*; Kurian 1956 *Larva Protozoa II, Zoa II* Subrahmanian 1971: 247 e 253 *Larva Protozoa I, Misis*.

Ecologia. Os camarões adultos habitam fundos lamosos na borda da plataforma continental ou do talude continental superior (Heegard 1966; Ohtomi & Irieda 1997) e podem ser encontrados em profundidades de 50 a 400 m, mais comumente a cerca de cem metros (Heegard 1966). Comentários. As espécies *S. acuminata* Pérez-Farfante & Bullis, 1973; *S. atlantidis* Burkenroad, 1939 e *S. vioscai* Burkenroad, 1934 ocorrem no Brasil (Serejo *et al.* 2007).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Açores, Ascensão e Ilhas Canárias (Heegard 1966; Lindley *et al.* 2002a; Lindley *et al.* 2002b; Landeira *et al.* 2013; presente estudo).

Superfamília SERGESTOIDEA Dana, 1852

Família SERGESTIDAE Dana, 1852 (Fig. 1e, 1f, 1g)

Gênero *Sergestes* H. Milne Edwards, 1830

Sergestes atlanticus (H. Milne Edwards, 1830)

Descrição. Gurney & Lebour 1940: 9-13 *Larva Elaphocaris I-III, Acanthossoma I-II, Mastigopus I*; Hansen 1922 *Pós-larva*.

Ecologia. É uma espécie pelágica com distribuição vertical ampla de 30-70 m à noite e entre 1000-1300 m durante o dia (Landeira & Fransen 2012).

Distribuição geográfica. Golfo do México, Mar dos Sargãos, Açores, Golfo da Biscaia, Mar Mediterrâneo, Atlântico central e sudeste, Madagascar, sudeste do Oceano Índico e Oceano Pacífico (Pérez-Farfante & Kensley 1997; Vereshchaka 2009). Nesse estudo é ampliada a ocorrência para o ASPSP.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Ilhas Canárias (Foxton 1970b; Bordes 2009; Landeira *et al.* 2010; presente estudo).

***Sergestes henseni* (Dennell, 1955)**

Descrição. Gurney 1924 *Larva Protozoa I-III*; Gurney & Lebour 1940: 9-13 *Larva Elaphocaris III*.

Ecologia. Larvas e adultos habitam preferencialmente águas oceânicas e ocorrem principalmente na região epipelágica (Mendez 1981).

Distribuição geográfica Oceano Atlântico: Mediterrâneo e Atlântico Norte; Atlântico Tropical e Subtropical entre 20°S e 40-50°N, Baía de Biscay e Golfo do México (Vereshchaka 2009; Landeira & Fransen 2012).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Ilhas Canárias (Lindley *et al.* 2002a; Koettker *et al.* 2010; Landeira & Fransen 2012; Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013).

Gênero *Allosergestes* Judkins & Kensley, 2008

***Allosergestes cf. sargassi* (Ortmann, 1893)**

Descrição. Gurney & Lebour 1940: 50-52 *Larva Acanthossoma I-II, Mastigopus II?*; Hansen 1922 *Pós-Larva*; Judkins & Kensley 2008: 73-75 *Adulto*; Kurian 1956 *Larva Zoea I-II*.

Ecologia. Espécie mesopelágica, realiza migração vertical noturna (30 a 170 m) e diurna (700-830 m) (Landeira & Fransen 2012).

Distribuição geográfica. Atlântico Norte, águas subtropicais e temperadas, Golfo do México, Baía de Biscaia, Mediterrâneo, Mar Adriático, Sudoeste do Oceano Índico, África do Sul e Pacífico Sudeste no Chile (Vereshchaka 2009). Nesse estudo a espécie é ampliada para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Ilhas Canárias (Sund 1920; Bordes 2009; Landeira *et al.* 2010).

Gênero *Deosergestes* Judkins & Kensley, 2008

***Deosergestes corniculum* (Krøyer, 1855)**

Descrição. Gurney & Lebour 1940: 38-46 *Larva Elaphocaris I-III, Acanthossoma I-II, Mastigopus I*; Judkins & Kensley 2008: 75 *Adulto (Deosergestes)*.

Ecologia. Espécie pelágica. Durante o horário noturno, o limite superior no pélagos é de 60 m (Landeira & Fransen 2012).

Distribuição geográfica. Mar Mediterrâneo, Golfo do México, Atlântico entre 28°N e 38° S, Oceano Índico Sudoeste; Mar de Sargaços (Kensley 1971, Vereshchaka 2009; Landeira & Fransen 2012).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ilha Canárias (Landeira & Fransen 2012; Brandão *et al.* 2013a; Marafon-Almeida 2015).

Gênero *Neosergestes* Judkins & Kensley, 2008

***Neosergestes edwardsii* (Krøyer, 1855)**

Descrição. Gurney & Lebour 1940: 62-64 *Larva Elaphocaris, Acanthossoma I-II, Mastigopus I*; Judkins & Kensley 2008: 76 *Adulto (Neosergestes sp.)*.

Ecologia. Espécie pelágica. Durante a noite são encontradas agregações de indivíduos na zona epipelágica, durante o dia retornam para as profundezas (além de 800 m) (Lagardere 1978). As larvas são indicadoras de águas oceânicas (Brandão *et al.* 2013b).

Distribuição geográfica. Oceano Atlântico: Se distribui do Canadá ao Rio Grande do Norte (Brasil), Ilha da Madeira (Portugal), Angola, Marrocos, Ilhas Canárias, Mediterrâneo (Lagardere 1978; Vereshchaka 2009).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha da Madeira, Ilhas Canárias (Bate 1888; Holthuis 1980; Alves 2008; Vereshchaka 2009; Koettker *et al.* 2010; Brandão *et al.* 2013 a, b).

Gênero *Sergia* Stimpson, 1860

***Sergia splendens* (Sund, 1920)**

Descrição. Sund 1920: 14 *Adulto*; Pérez-Farfante & Kensley 1997: 200 *Adulto*.

Ecologia. Espécie mesopelágica. Ocorre durante o dia em profundidades abaixo de 750m. Durante a noite, as migrações verticais larvais atingem até 110m de profundidade (Landeira & Fransen 2012).

Distribuição geográfica. Canadá, Groenlândia, Estados Unidos (Texas), Mar dos Sargaços, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, Brasil (Amapá, Pará, Maranhão,

ASPSP, Fernando de Noronha, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Mar Mediterrâneo, Marrocos, Ilhas Canárias, Congo, África do Sul, Moçambique, Madagascar, Mar Vermelho, Ilhas Mauritius, Ilhas Providence, Ilhas Alphonse, Atol Desroches, Somália, Arquipélago de Chagos, Índia (Baía de Bengala e Mar da Arábia), Birmania, Filipinas, Austrália, Nova Zelândia Japão e México (Coelho & Ramos 1972; Lindley 2001; Landeira & Fransen 2012).

Distribuição em ilhas no oceânico Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Ilhas Canárias (Landeira & Fransen 2012; Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013).

Família LUCIFERIDAE de Haan, 1849

Gênero *Lucifer* J.V. Thompson, 1829

***Lucifer typus* (H. Milne Edwards, 1837) (Fig. 1h)**

Descrição. Burkenroad 1936: 328 *Adulto*. Hashizume 1999 *Náuplio, Protozoa, Zoa, Megalopa*. Ecologia. Apresenta ciclo de vida curto, são organismos holoplantônicos e se encontram em regiões oceânicas, protegem os ovos durante o período de incubação e apresentam desova sequencial (Hansen, 1922; Bowman & McCain 1967). É considerada uma espécie indicadora de águas tropicais (Barth 1963).

Distribuição Geográfica. Canadá, Estados Unidos (Virgínia, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Geórgia, Flórida, Louisiana, Texas), Bahamas, Jamaica, Saint John, Tortola, Porto Rico, Virgin Gorda, Barbuda, Antigua, Dominica, Martinica, Saint Lucia, Tobago, Aruba, Curaçau, Bonaire, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, Brasil (Amapá, Pará, Maranhão, ASPSP, Fernando de Noronha, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Mar da Noruega, Islândia, Ilhas Faroé, Arquipélago de Shetland, Norte da Escócia, norte do Mar do Norte, Canal da Mancha, Mediterrâneo, Baía da Biscaia (Coelho & Ramos 1972; D’Incao 1997; Lindley 2001).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha; Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ilha Canárias (Bate 1888; Holthuis 1980;

Lindley *et al.* 2002a; Alves 2008; Díaz *et al.* 2009; Landeira *et al.* 2010; Landeira *et al.* 2013; Marafon-Almeida 2015; presente estudo).

Gênero *Belzebud* Vereshchaka, Olesen & Lunina, 2016

***Belzebud faxoni* (Borradaile, 1915) (Fig. 1i)**

Descrição. Brooks 1882: 59 *Nauplius*, *Protozoa*, *zoea e Pós-larva*.

Ecologia. São organismos holoplanctônicos, habitam águas costeiras, vivendo a uma profundidade de 6 à 55 m (epipelágico), permanecendo próximo do substrato durante o dia (Hansen, 1922; Woodmansee 1966).

Distribuição Geográfica. Atlântico Norte, Canadá, Estados Unidos da costa do estado de Nova York ao Texas, Bahamas, no Golfo do México e Mar do Caribe, Venezuela, Guianas e Senegal na África; Atlântico Sul, Brasil do Pará ao Rio Grande do Sul, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo; Congo na costa africana, Atlântico Oriental (Bowman & McCain 1967; D'incao, 1997).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz (Fausto-Filho 1974; Holthuis 1980; Alves 2008; Díaz *et al.* 2009; Marafon-Almeida 2015; presente estudo).

Subordem PLEOCYEMATA Burkenroad, 1963

Infraordem STENOPODIDEA Bate, 1888

Família STENOPODIDAE Claus, 1872 (Fig. 1j, 1k)

Gênero *Stenopus* Latreille, 1819

***Stenopus hispidus* (Olivier, 1811)**

Descrição. Brooks & Herrick 1891: *Larva Protozoa e Zoea I*; Gurney 1924 e 1936 *Larva Zoea I*; Lebour 1940 *Larva Zoea I*; Williamson 1976: 498-499 *Larva Zoea I,II,IV,V*.

Ecologia. Este camarão pode ser encontrado em vários micro-habitats de ambientes recifais, desde as formações coralíneas e fendas e cavernas rochosas e também com lama; podem ser registrados desde ambientes rasos até maiores profundidades (Williams 1984; Fernandes *et al.* 2010; Goy 2010; Tavares *et al.* 2017)

Distribuição geográfica. No Atlântico Oeste, ocorre desde as Bermudas e costa da Carolina do Norte, Golfo do México e Sul da Florida até a costa Norte da América do Sul (Holthuis 1946; Kruczynski & Jenner 1969; Lukens 1978). No Brasil, é registrada desde o Estado do Ceará até o Estado de São Paulo (Coelho & Ramos-Porto 1998; Gregati *et al.* 2006). Pacífico indo-oeste: África do Sul, Mar Vermelho, Japão, Arquipélago de Tuamotu, Austrália Ocidental, Austrália Oriental, Vanuatu, Nova Hébridas, Nova Caledônia, Ilha Lord Howe e Norte da Nova Zelândia. Pacífico Oriental: Panamá, Galápagos (Williams 1984; Goy 1987; Manning & Chace 1990; Coelho & Ramos-Porto 1998; Nizinski 2003; Coelho Filho 2006; Gregati *et al.* 2006; Almeida *et al.* 2007; Alves *et al.* 2008; Felder *et al.* 2009; De Grave *et al.* 2014; Goy 2015; Soledade *et al.* 2015).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ilha de Ascensão (Manning & Chace 1990; Coelho-Filho *et al.* 2006; Alves 2008; Fausto-Filho, 1974; De Grave *et al.* 2014; Tavares 2017; presente estudo).

Infraordem CARIDEA Dana, 1852

Superfamília ALPHEOIDEA Rafinesque, 1815

Família ALPHEIDAE Rafinesque, 1815 (Fig. 2h)

Gênero *Alpheus* Fabricius, 1798

***Alpheus* sp.**

Descrição. Kurata 1970: 161-162 *Larva Zoea I-IV* (*A. normanni*); Santos 1981: 320-344 *Estágio I-X* (*A. armillatus*, *A. nutting*, *Alpheus* sp.); Pires *et al.* 2008: 199-201 *Larva Zoea I-IV* (*A. estuarensis*).

Ecologia. É uma espécie típica de fundos constituídos de areia, algas calcáreas e lama. Encontrada desde a zona de infralitoral até a profundidade de 200 m (Fausto-Filho & Neto 1976; Mendes 1981). Algumas espécies, quando adultos apresentam o quelípodo bem desenvolvido capazes de produzir “estalos” e por isso são comumente chamados de “camarões pistoleiros” (Mendes 1981). Em Fernando de Noronha já foram registradas as espécies *A. amblyonyx* Chace, 1972 e *A. paracrinitus* Miers, 1881 (Coelho *et al.* 2006) e no Atol das Rocas *A. floridanus* Kingsley, 1878 (Coelho *et al.* 2006), *A. amblyonyx* Chace, 1972; *A. bouvieri* A. Milne Edwards, 1878; *A. cristulifrons* Rathbun, 1900; *A. normanni* Kingsley, 1878.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ascensão, Ilha de Santa Helena e Ilhas Canárias (Bate 1888; Chace 1966; Fausto-Filho 1974; Manning & Chace 1990; Coelho-Filho *et al.* 2006; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Koettker *et al.* 2010; Landeira *et al.* 2010; Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; Anker *et al.* 2016; Tavares 2017; presente estudo).

Gênero *Synalpheus* Bate, 1888

Descrição. Gurney 1927: 262-263 *Larva Zoea* (*S. gravieri*); Al-Kholy & Fikry 1967: 173-175 *Segundo e terceiro estágio* (*S. biunguiculatus*).

Ecologia. Podem ser encontrados habitando espaços intersticiais de corais e canais de esponjas; algumas espécies vivem em colônias sociais. (Duffy 1992; Duarte *et al.* 2014). As espécies *S. brooksi* Coutière, 1909; *S. paranepetunus* Coutière, 1909; *S. rathbunae* Coutière, 1909; *S. sanctithomae* Coutière, 1909 e *S. townsendi* Coutière, 1909 (Coelho Filho 2006) ocorrem em Fernando de Noronha e *S. sanctithomae* Coutière, 1909 *S. townsendi* Coutière, 1909 (Coelho Filho 2006; Paiva *et al.* 2007) já foram registradas no Atol das Rocas.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ascensão e Ilha de Santa Helena (Chace 1966; Fausto-Filho 1974; Holthuis 1980; Manning & Chace 1990; Viana *et al.* 2004; Coelho-Filho *et al.* 2006; Alves 2008; De Grave *et al.* 2014; Anker *et al.* 2016; Tavares 2017; presente estudo).

Família AMPHIONIDIDAE Holthuis, 1955

Gênero *Amphionides* Zimmer, 1905

***Amphionides reynaudii* (Milne Edwards, 1832) (Fig. 11)**

Descrição. Heegard 1969: 10-48 *Larva Misis I-XIII, Pós-larva I-III*.

Ecologia. Encontrados em águas superficiais (profundidades de cerca de 100 m) e estágios larvais mais avançados no mar profundo (abaixo de 700 m) (Gurney 1936; Heegaard 1969; Williamson 1973). **Comentários:** Nesse estudo estiveram mais

abundantes em redes que se estendiam até maiores profundidades. Essa espécie até hoje não se apresenta enquadrada em uma filogenia correta, e durante muitos anos foi uma única espécie de uma única ordem, conhecida como Amphionidacea (Rivera *et al.* 2004; Lira *et al.* 2017 a),

Distribuição geográfica. Atlântico Norte: Canárias, Cabo Verde; Bermudas, Caribe; Atlântico Sul: Oeste da África; Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas; Oceano Índico: Mar Arábico, Montanha Submarina, Baía de Bengala; Saya-de-Malya, Seychelles, Madagascar, Ilhas Maurícias, encostas de Moçambique; Pacífico Norte: Colômbia; Chile da Caldera até a Ilha de Páscoa; Desventuradas, Juan Fernádes, Salas e Gómez e San Felix; Japão; Filipinas; Nordeste da Austrália; Hawaii (Heegaard 1969; Williamson 1973, Vereshchaka 1995; Lindley e Hernandes 1999, Rivera *et al.* 2004, Landeira *et al.* 2010).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Cabo Verde e Ilhas Canárias (Heegaard 1969; Lindley & Hernandes 1999; Lindley *et al.* 2000; Lindley *et al.* 2002a; Landeira *et al.* 2010; De Grave *et al.* 2015; Lira *et al.* 2017; presente estudo).

Superfamília OPLOPHOROIDEA Dana, 1852

Família ACANTHEPHYRIDAE Bate, 1888

Gênero *Acanthephyra* A. Milne-Edwards, 1881 (Fig. 2a, 2b, 2c)

Descrição. Fernandez *et al.* 2007: 202-206 *Larva Zoea IV, V?, VIII, X?* (*Acanthephyra* sp.1); 206-209 *Larva Zoea IV, VII?* (*Acanthephyra* sp.2); 209-211 *Larva Zoea V?, VI, VII?* (*Acanthephyra* sp.3); 215 *Larva Zoea III, IV* (*Acanthephyra* sp.4).

Ecologia. Os adultos apresentam coloração vermelho escarlate e são bastante abundantes acima de 1000 metros de profundidade (Foxton 1971). Comentários: As espécies *A. acanthitelsonis* Bate, 1888; *A. acutifrons* Bate, 1888; *A. brevirostris* Smith, 1885; *A. curtirostris* Wood-Mason & Alcock, 1891; *A. kingleyi* Bate, 1888; *A. prionota* Foxton, 1971; *A. purpurea* A. Milne Edwards, 1881; *A. stylorostratis* (Bate, 1888) já foram descritas para o Atlântico Sul (Judkins 2014).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ilhas Canárias (Lindley & Hernández 1999; Lindley *et al.*

2002a; Koettker *et al.* 2010; Macedo-Soares *et al.* 2009; Landeira *et al.* 2010; Landeira & Fransen 2012; Landeira *et al.* 2013; Almeida 2015; presente estudo).

Superfamília PALAEMONOIDEA Rafinesque, 1815

Família PALAEMONIDAE Rafinesque, 1815 (Fig. 2d, 2e)

Gênero *Palaemon* Weber, 1795 (Fig. 2g)

Descrição. Kurata 1970: 156-160 *Larva Zoea I-VII, Megalopa (Palaemon floridanus)*; Holthuis 1952: 155 *Adulto*.

Ecologia. O desenvolvimento larval varia com as espécies, geralmente as marinhas possuem vários estágios larvais e alta fecundidade (Carvalho *et al.* 2017). Comentários. As espécies *P. northropi* (Rankin, 1898) e *P. pandaliformis* (Stimpson, 1871) já foram registradas no Brasil (Almeida *et al.* 2006).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha e Ilhas Canárias (Lindley *et al.* 2002a; presente estudo).

Gênero *Periclimenes* O.G. Costa, 1844

Descrição. Gurney 1927: 265-272 *Larva Protozoa I-V (P. calmani)*; Kurata 1970: 154-155 *Larva Zoea (P. americanus)*; Holthuis 1952: 52 *Adulto*.

Ecologia. São comuns em estuários e regiões costeiras rasas em todo o mundo. As larvas são encontradas com maior frequência próximo da superfície (Landeira *et al.* 2010). Comentários: Em Fernando de Noronha já foi descrita a espécie *Periclimenes anthophilus* Holthuis & Eibl-Eibesfeldt, 1964.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Ilhas Canárias (Coelho-Filho *et al.* 2006; Alves 2008; Koettker *et al.* 2010; Landeira *et al.* 2010; Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013; presente estudo).

Gênero *Leander* Desmarest, 1849 (Fig. 2f)

Descrição. Gurney 1927: 278 *Larva Protozoa I (L. squilla)*; Holthuis 1952: 155 (*L. tenuicornis*) *Adulto*.

Ecologia. Podem habitar fundos de cascalho e areia. São encontrados desde águas mais rasas até 72 m (Ramos-Porto 1985/86; Ramos-Porto & Coelho 1998).

Comentários: A espécie *L. tenuicornis* (Say, 1818) já foi registrada no Atol das Rocas (Paiva *et al.* 2007).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; presente estudo).

Gênero *Brachycarpus* Bate, 1888

Descrição. Holthuis 1952: 3 *Adulto*; Fausto-Filho 1966: 123-124 *Adulto* (*B. holthuisi*).

Ecologia. As larvas são comuns próximo à costa e sobre a plataforma em regiões rasas. Conhecidos como “camarões de duas garras”, podem ser observados em associações de formações coralinas. Os adultos são bentônicos, normalmente encontrados em regiões rasas até cerca de 100 m sobre fundos de areia e cascalho. Comentários: A espécie *Brachycarpus biunguiculatus* (Lucas 1846) já foi descrita para o Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (Coelho Filho *et al.* 2006; Paiva *et al.* 2007).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz, Ascensão, Ilha de Santa Helena e Ilhas Canárias (Chace 1966; Coelho-Filho *et al.* 2006; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; Tavares 2017; presente estudo).

Família LYSMATIDAE Dana, 1852

Gênero *Lysmata* Risso, 1816 (Fig. 2i)

Descrição. Kurata 1970: 164-168 *Larva Zoea I-XI, Megalopa* (*Lysmata wurdemanni*).

Ecologia. São denominados camarões-limpadores e exibem coloridos brilhantes. As larvas têm uma forma típica, com apêndices proporcionalmente longos e largos, provavelmente associados ao modo de vida pelágico (Gurney 1942). Comentários. A espécie *L. grabhami* (Gordon, 1935) foi registrada na Ilha de Trindade (Kassuga *et al.* 2015).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha de Trindade e Martin Vaz, Ascensão e Ilhas Canárias (Holthuis 1980; Manning & Chace

1990; Lindley *et al.* 2002a; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; Tavares 2017; presente estudo).

Infraordem GEBIIDEA de Saint Laurent, 1979

Família LAOMEDIIDAE Borradaile, 1903

Gênero *Naushonia* Kingsley 1897

***Naushonia* sp. (Fig. 2k)**

Descrição larval. Goy & Provenzano 1978: 245-256 *Zoea I-VII, Pós-larva* (*N. cangronoides*); Fernandes & Bonecker 2008: 967-974 *Zoea II-VI?* (*Naushonia* sp.); Lira *et al.* (2017b): (*Naushonia* sp.).

Ecologia. Conhecidos como camarões fantasmas, quando adultos habitam principalmente regiões oceânicas tropicais e ambientes marinhos de águas rasas; como praias rochosas, recifes de coral e áreas estuarinas, em substrato lamoso e arenoso (Anker 2014; Lira *et al.* 2017b). Comentários: As larvas deste morfotipo foram registradas no presente estudo apenas em águas rasas e costeiras com profundidades de cinco até aproximadamente 20 metros da ilha principal de Fernando de Noronha e provavelmente é uma nova espécie (Lira *et al.* 2017b). As amostras que continham os exemplares foram realizadas na subsuperfície durante a luz do dia.

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha (presente estudo).

Infraordem ACHELATA Scholtz & Richter, 1995

Família PALINURIDAE Latreille, 1802

Gênero *Panulirus* White, 1847

Descrição. Baisre & Quevedo 1982: 147-148 *Larva Phylossoma VIII? e X?* (*P. laevicauda*); Coelho *et al.* 1995: 51 *Larva Phylossoma X-XI* (*P. echinatus*); Lewis 1951: 92- 99 *Larva Phylossoma I-X* (*P. argus*); McWilliam 1995: 547-551 *Larva Phylossoma e Puerulus*; Melo 1999: 436-438 *Larva Phylossoma* (*P. argus* e *P. echinatus*); Abrunhosa *et al.* 2008: 181-185 (*P. echinatus*) *Larva Phylossoma I-V*.

Ecologia. As larvas são normalmente encontradas em maior abundância em águas mais afastadas da costa e entre 0 e 200 m de profundidade. O desenvolvimento larvar envolve muitos estágios e instares e embora seja encontrada ao longo de todo o

ano, a maior parte é encontrada nos meses de verão e início do inverno (Gurney 1936; Lewis 1951; Baisre & Quevedo 1982). Comentários: As espécies que ocorrem em ilhas do Oceano Atlântico Tropical são *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Vianna, 1986; Holthuis 1991; Pinheiro *et al.* 2003; Coelho *et al.* 2007; Giraldes & Smyth 2016), *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) (Holthuis 1991; Melo 1999; Coelho *et al.* 2007; Giraldes & Smyth 2016) e *P. meripurpuratus* (Giraldes & Smyth 2016).

Distribuição em ilhas no oceânico Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz, Ascensão e Ilhas Canárias, Ilha de Santa Helena e Cabo Verde (Bate 1888; Fausto-Filho 1974; Holthuis 1980; Edwards & Lubbock 1983; Lindley *et al.* 2002; Lindley *et al.* 2004; Viana *et al.* 2004; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Koettker *et al.* 2010; Macedo-Soares *et al.* 2009; Brandão *et al.* 2013a; De Grave *et al.* 2014; Marafon-Almeida 2015; Gaeta *et al.* 2015; Tavares 2017).

Infraordem ANOMURA MacLeay, 1838

Superfamília PAGUROIDEA Latreille, 1802

Família DIOGENIDAE Ortmann, 1892

Gênero *Clibanarius* Dana, 1852 (Fig. 3b)

Descrição larval. Bouvier 1922: *Larva Glaucothoe*; Carayon 1942 *Larva Megalopa*; Dechancé & Forest 1958 *Larva Megalopa*, Kurata 1970: 178-180 *Larva Zoea I-V, Megalopa (C. vittatus)* Lang & Young 1977: 89-97 *Larva Zoea I-IV*.

Ecologia. Conhecidos como caranguejos ermitões ou caranguejos-eremita, habitam principalmente regiões oceânicas tropicais e subtropicais em ambientes marinhos de águas rasas (Forest & De Saint Laurent 1968; Osawa & Fujita 2008). Comentários: Os adultos desses gêneros registrados na ilha de Fernando de Noronha são as espécies *C. antillensis* Stimpson, 1859 (Alves *et al.* 2008) e *C. tricolor* (Gibbes 1850; Coelho 1967/69; Coelho & Ramos 1972; Fausto-filho, 1974; Coelho & Ramos-porto 1986). As larvas desse gênero foram registradas na comunidade neustônica do Atol das Rocas e Fernando de Noronha em horários noturnos e também nas áreas costeiras e rasas da ilha de Fernando de Noronha, em profundidades locais de até 20 metros. As amostras costeiras que continham esses exemplares foram coletadas subsuperficialmente durante o horário diurno. Adultos de *C. antillensis* Stimpson, 1859

e *C. tricolor* (Gibbes, 1850) já foram registrados para o Atol das Rocas (Paiva *et al.* 2007).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ilha de Ascensão e Canárias (Fausto-Filho 1974; Coelho & Ramos-Porto 1985; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; presente estudo).

Infraordem BRACHYURA Latreille, 1802

Superfamília DROMIOIDEA De Haan, 1833

Família DROMIIDAE De Haan, 1833

Gênero *Dromia* Weber, 1795

Descrição. Lebour 1940: *Larva Zoea, Megalopa*; Gurney 1942: *Larva Zoea, Megalopa*.

Ecologia. Habitam substratos duros e podem ser encontrados desde águas rasas até 360 m. A carapaça é frequentemente coberta por outros organismos (Melo & Campos Jr. 1999). Comentários: A espécie *Dromia erythropus* (G. Edwards 1771) já foi encontrada na ilha de Fernando de Noronha e ilha de Ascensão (Manning & Chace 1990; Melo & Campos Jr. 1999; Viana *et al.* 2003).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical Subtropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha de Ascensão, Ilha de Santa Helena; Abrolhos e Ilhas Canárias (Chace 1966; Edwards & Lubbock 1983; Manning & Chace 1990; Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Brandão *et al.* 2013a; Koetker & Lopes 2013; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; Nunes *et al.* 2016).

Superfamília PORTUNOIDEA Rafinesque, 1815

Família PORTUNIDAE Rafinesque, 1815

Gênero *Portunus* Weber, 1795

***Portunus cf. pelagicus* Linnaeus, 1758 (Fig. 3c)**

Descrição. Shinkarenko 1979: 487-499 *Larva Zoea I-IV, Megalopa*; Josileen & Menon 2004: 787-798 *Larva Zoea I-IV, Megalopa*.

Ecologia: O adulto é conhecido como caranguejo nadador azul ou caranguejo da areia possui uma alimentação quase exclusivamente carnívora, raramente se alimenta de materiais vegetais (Williams 1982).

Distribuição geográfica. Águas costeiras do Oceano Índico Ocidental e Leste do Oceano Pacífico e África Oriental, incluindo o Japão, Filipinas, Austrália e norte da Nova Zelândia (Stephenson 1972), também ocorre no Mar Mediterrâneo e Mar Vermelho (Fox 1924; Corsini-Foka 2004).

Distribuição de ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Abrolhos (Brandão *et al.* 2013a; Koettker & Lopes 2013; presente estudo).

Superfamília XANTHOIDEA MacLeay, 1838

Família XANTHIDAE MacLeay, 1838

Gênero *Platypodiella* Guinot, 1967

***Platypodiella spectabilis* (Herbst, 1794)**

Descrição. Fransozo *et al.* 2001: 72-72 *Larva Zoea*; Melo 1996: 388 *Adulto*.

Ecologia. Os adultos vivem entre corais, rochedos e no fundo de substratos de areia e lama.

Distribuição geográfica. Bermudas, Bahamas, Flórida, extremo Oeste do Golfo do México, extremo Oriente do Caribe, Brasil: Rio de Janeiro, São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha; Ilha de Trindade (Hartog & Turkey 1991; Fransozo *et al.* 2001).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas e Ilha de Trindade e Martin Vaz (Fausto-Filho, 1974; Edwards & Lubbock 1983; Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Brandão *et al.* 2013a; Tavares *et al.* 2017).

Superfamília GRAPSOIDEA MacLeay, 1838

Família GRAPSIDAE MacLeay, 1838

Gênero *Grapsus* Lamarck, 1801

***Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Fig. 3d)**

Descrição. Guerão *et al.* 2001: 112 *Larva Zoea I* Melo 1996: 454 *Adulto*.

Ecologia. Quando adulto, habita a zona entre marés e supralitoral de áreas rochosas e vive preferencialmente em ilhas (Viana *et al.* 2004). As larvas são indicadores de águas oceânicas (Brandão *et al.* 2013b).

Distribuição geográfica. Atlântico Ocidental, Bermuda, Flórida, Golfo do México, Antilhas, Colômbia, Venezuela, Brasil (do Ceará até o Espírito Santo). Pacífico Oriental: Califórnia até o Chile, incluindo as Ilhas Galápagos (Viana *et al.* 2004).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ilha de Santa Helena (Miers 1886; Chace 1966; Fausto-Filho 1974; Holthuis 1980; Edwards & Lubbock 1983; Viana *et al.* 2004; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Brandão *et al.* 2013b; Tavares *et al.* 2017).

Gênero *Pachygrapsus* Randall, 1840

***Pachygrapsus cf. transversus* (Gibbes, 1850) (Fig. 3f)**

Descrição.: Kurata 1970: 231 *Zoea I*; Melo 1996: 454 *Adulto*.

Ecologia: Os aratus ou “*Sally Lightfoot*” são crustáceos semiterrestres; possuem uma alimentação carnívora, alimentando-se de mexilhões, cracas e outros invertebrados, além de realizarem canibalismo (Romero 2003).

Distribuição geográfica: Leste do Oceano Pacífico, de Baja Califórnia às Ilhas Galápagos e Peru, Pacífico Oriental; Oeste do Oceano Atlântico da Flórida ao Sul do Brasil, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha; Leste do Oceano Atlântico no Mar Mediterrâneo, Costa do Marrocos à foz do Rio Congo no Atlântico Ocidental Norte (Fausto-filho 1974; Schulbart *et al.* 2005; Vaccaro & Pipitone 2005).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha e Ilha de Trindade e Martin Vaz (Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Tavares 2017; presente estudo).

Família Plagusiidae Dana, 1851

Gênero *Plagusia* Latreille, 1804

***Plagusia depressa* (Fabricius, 1775)**

Descrição. Melo 1996: 458 *Adulto*.

Ecologia. Habita a zona entre maré, vive em fendas de rochas, corais ou piscinas naturais (Melo 1996).

Distribuição geográfica. Carolina do Norte e do Sul, Flórida, Golfo do México, Brasil (Ilhas oceânicas brasileiras, Ceará e Bahia); Açores e Ilha da Madeira, do Senegal à Angola e Índia Ocidental (Boltovskoy 1999).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico. Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Ilha Trindade e Martin Vaz, Ascensão, Açores, Ilha de Santa Helena e Ilha da Madeira (Chace 1966; Fausto-Filho 1974; Holthuis 1980; Edwards & Lubbock 1983; Manning & Chace 1990; Viana *et al.* 2004; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Brandão *et al.* 2013a; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; Tavares *et al.* 2017).

Família PERCNIDAE Števíć, 2005

Gênero *Percnon* Gistel, 1848

***Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) (Fig. 3g)**

Descrição. Melo 1996: 457 *Adulto*.

Ecologia. Quando adultos, habitam regiões rochosas, encontrado sob as rochas ou escondidos em cavidades (Pipitone *et al.* 2001).

Distribuição geográfica. Ocorre nos Oceanos Atlântico Oriental, desde Marrocos até Gana; Atlântico Ocidental, na Carolina do Norte, Bermudas, Flórida, Golfo do México e Brasil; Atlântico Central, nas ilhas de Madeira, Açores e Ascensão; Oceano Pacífico Oriental, desde a Califórnia até o Chile e ilhas Galápagos. Recentemente introduzido no mar Mediterrâneo (Williams 1984; Garcia & Reviriego 2000; Relini *et al.* 2000; Pipitone *et al.* 2001; Mori & Vacchi 2002; Nizinski 2003; Thessalou-legaki *et al.* 2006; Yokes & Galil 2006).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Ascensão e Açores (Fausto-Filho 1974; Manning & Chace 1990; Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Landeira *et al.* 2010; Landeira *et al.* 2013; De Grave *et al.* 2014; presente estudo).

Family Gecarcinidae MacLeay, 1838

Genus *Johngarthia* Türkay, 1970

***Johngarthia lagostoma* (Milne Edwards, 1837) (Fig. 3h)**

Descrição. Teixeira *et al.* (dados não publicados): *Larva Zoea I.* Hartnoll *et al.* 2014 *Larva Megalopa.*

Distribuição geográfica. Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ascensão (Hartnoll *et al.* 2006).

Distribuição em ilhas no Oceano Atlântico Tropical. Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz e Ascensão (Fausto-Filho 1974; Paiva *et al.* 2007; Alves 2008; Coelho *et al.* 2008; Tavares 2017; presente estudo).

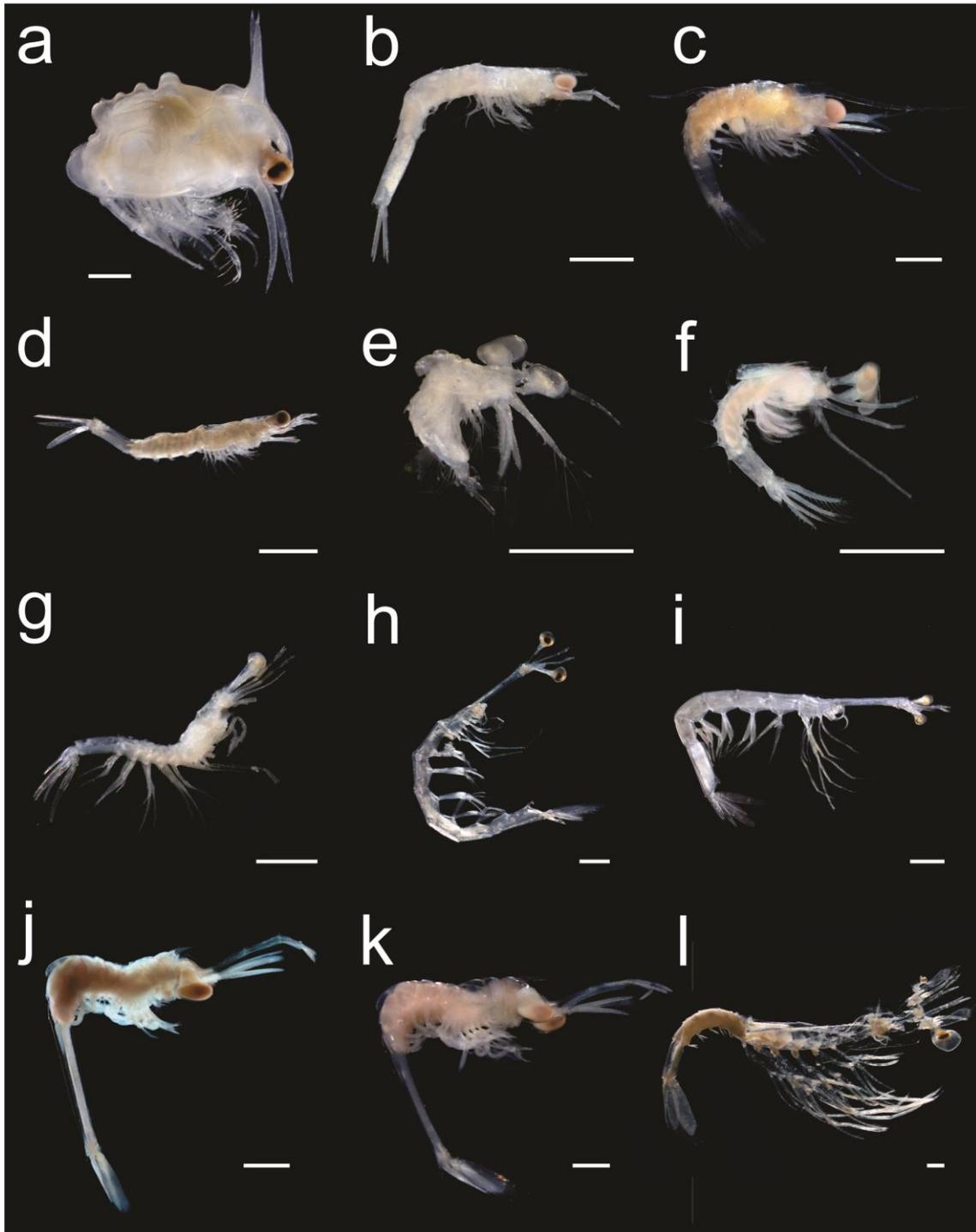


Figura 1. Decápodes planctônicos de ambientes insulares tropicais. a. *Cerataspis monstrosa*; b. Penaeidae; c. *Gennadas* sp.; d. *Sycionia* sp.; e. Sergestidae (protozoa); f. Sergestidae (misis); g. Sergestidae (Megalopa); h. *Lucifer typus*; i. *Belzebub faxoni*; j. Spongicolidae (morfortipo I); k. Spongicolidae (morfortipo II); l. *Amphionides reynaudii*. Barra de escala = 1 mm.

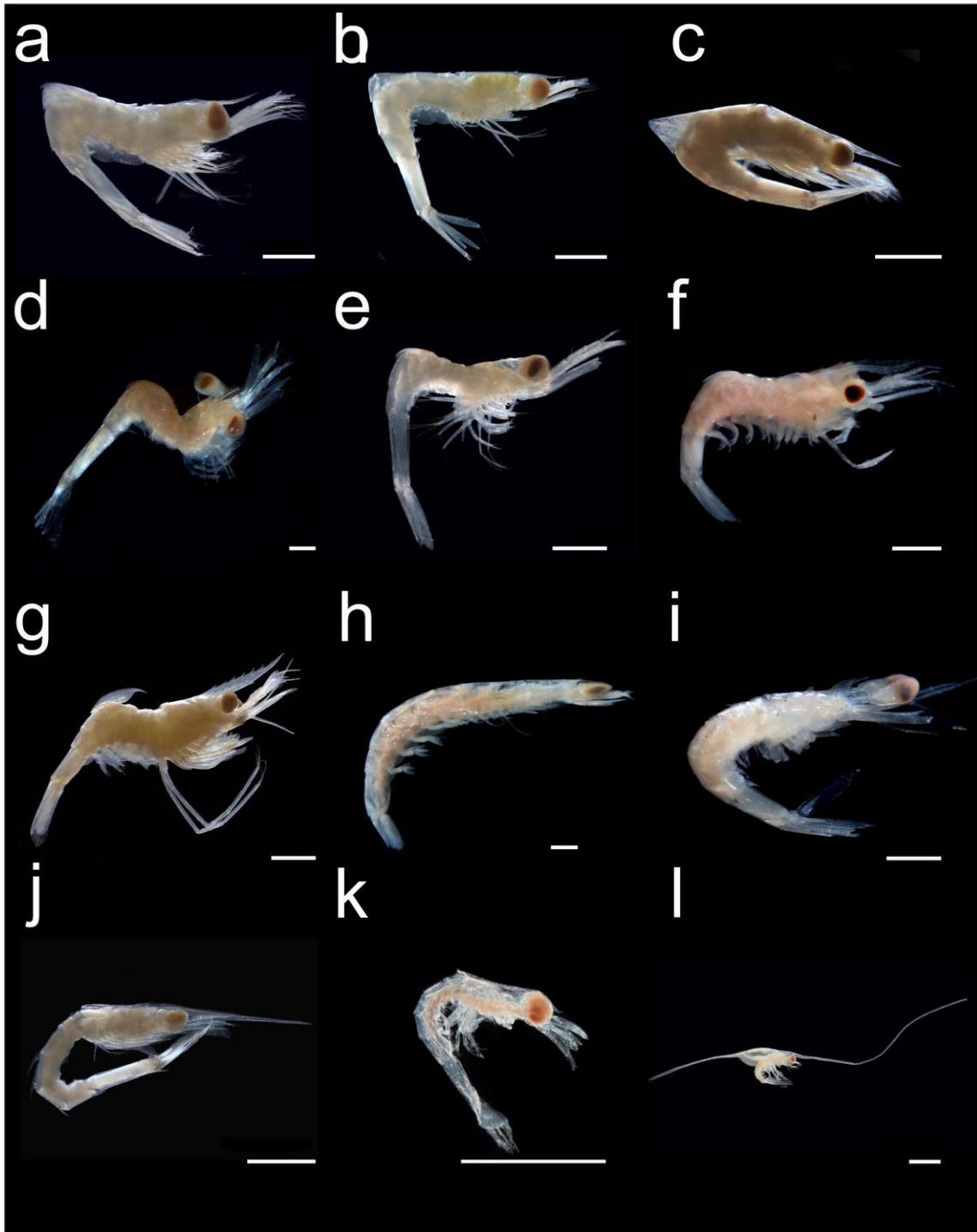


Figura 2. Decápodes planctônicos de ambientes insulares tropicais. a. *AcanthePHYRA* sp. (morfortipo 1); b. *AcanthePHYRA* sp. (morfortipo 2); c. *AcanthePHYRA* sp. (morfortipo 3); d. Palaemonidae (morfortipo I); e. Palaemonidae (morfortipo II); f. *Leander* sp.; g. *Palaemon* sp.; h. Alpheidae; i. *Lysmata* sp.; j. Callinassidae; k. *Naushonia* sp.; l. Porcellanidae. Barra de escala = 1 mm.

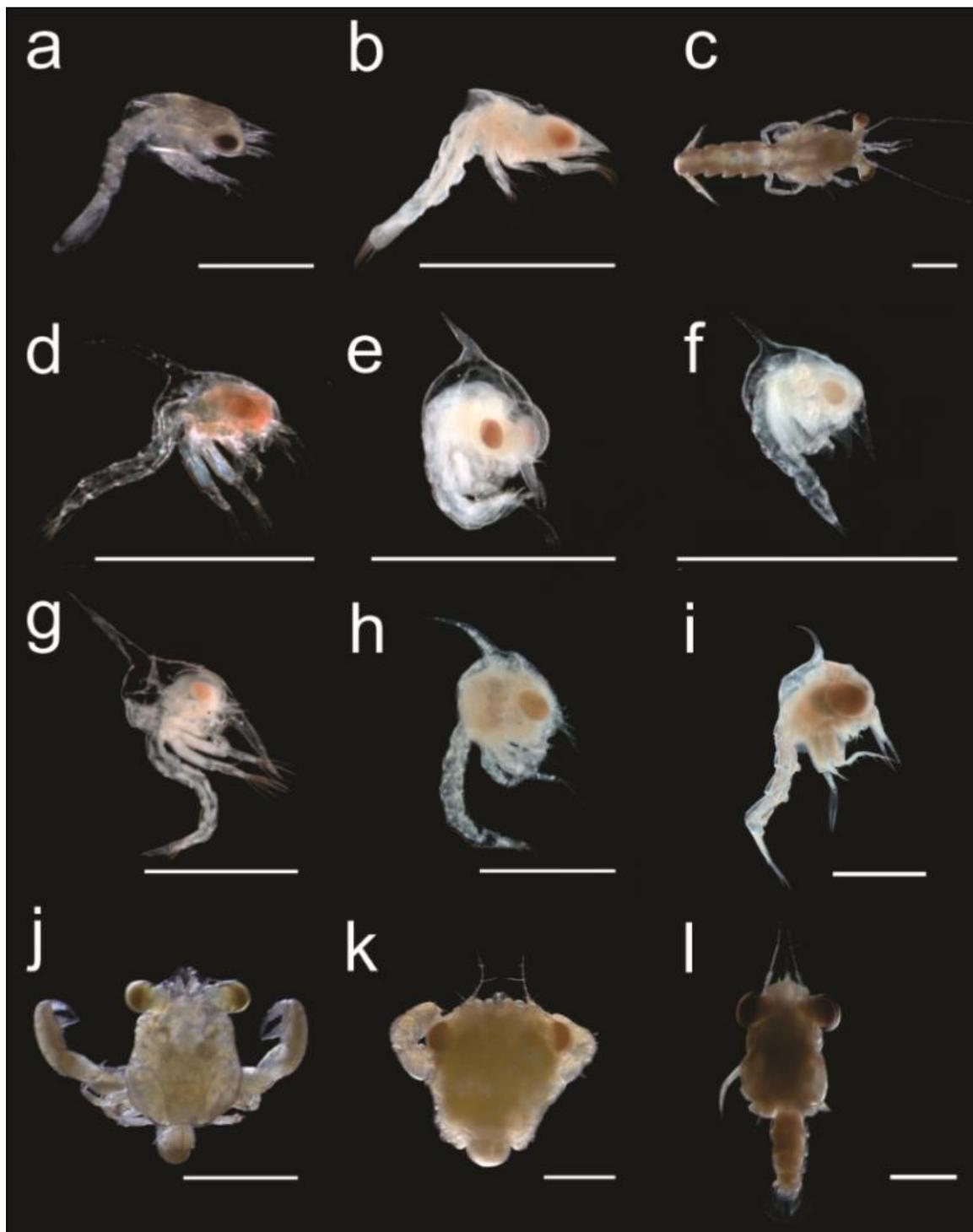


Figura 3. Decápodes planctônicos de ambientes insulares tropicais. a. Albuneidae.; b. *Clibanarius* sp.; c. Glaucotoe (Anomura); c. *Portunus pelagicus* (zoea I); d. *Grapsus grapsus* (zoea I); f. *Pachygrapsus transversus* (zoea I); g. *Percnon guibese* (zoea I); h. *Johngarthia lagostoma* (zoea I); i. Majidae (zoea I); j. *Brachyura megalopa* (morfotipo I); k. *Brachyura megalopa* (morfotipo II); l. Portunidae (megalopa). Barra de escala = 1 mm.

Discussão

Estudos sobre os crustáceos Decapoda em ilhas registraram 23 espécies e 51 morfotipos larvares para o ASPSP (Holthuis 1980, Sankarankutty *et al.* 2001, Viana *et al.* 2003, Koettker *et al.* 2010; Nunes *et al.* 2016, Brandão *et al.* 2013a); 137 espécies para FN (Bate 1888; Alves *et al.* 2008; Alves *et al.* 2017, Lira *et al.* 2017 a,b) e aproximadamente 40 espécies para o Atol das Rocas (Paiva *et al.* 2007). Apesar de ASPSP ter sido o ambiente mais estudado com relação a decápodes, nesse estudo foram registradas três novas ocorrências, *Sergestes atlanticus*, *Allosergestes cf. sargassi* e um morfotipo da família Albuneidae. Para Fernando de Noronha, foram registrados seis novas ocorrências de Decapoda representadas por morfotipos dos gêneros *Gennadas*, *Sycionia*, *Paleomon*; *Lysmata* e *Albunea* e a espécie *Portunus pelagicus*.

O Atol das Rocas ainda é pouco estudado no que se diz respeito tanto às espécies adultas, como a comunidade planctônica de Decapoda. Nesse estudo o ambiente foi estudado apenas com amostras coletadas do nêuston, dessa forma, fazendo-se necessário ainda amplos estudos para o grupo. Contudo, o gênero *Sycionia* e as espécies *B. faxoni* e *L. typus* são citadas pela primeira vez nesse ambiente.

A quantidade de informação específica sobre as larvas de decápodes em ilhas do Atlântico tropical ainda é limitada, devido à escassez de estudos em algumas dessas áreas para o grupo do zooplâncton, como acontece para o Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (Lira *et al.* 2014; 2017 a,b). Isso pode ser consequência da complexidade dos caracteres diagnósticos usados para identificação do grupo, pelo tempo e quantidade de conhecimentos especializados necessários, pelo pequeno número de especialistas disponíveis para este tipo de pesquisa e pela ausência de descrição larval de inúmeras espécies (Anger 2001, Pan & Hay 2010, Schram & Von Vaupel Klein, 2010; Lira *et al.* 2017a).

A fauna de decápodes planctônicos ao redor dessas três ilhas no Oceano Atlântico Tropical permanece descrita em 70 táxons (Tabela 1), dessas um morfotipo (*Naushonia* sp.) permanece endêmico até o presente momento para o Arquipélago de Fernando de Noronha e provavelmente deve ocorrer no Atol das Rocas, visto que muitas populações marinhas, incluindo decápodes com ciclos larvais mais curtos dentro do ambiente marinho apresentam uma enorme conectividade genética entre estes

ambientes (Lira et al. dados não publicados; Rodriguez-Rey et al. 2016; Teshima et al. 2016).

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de PE-FACEPE e INCT *Amb Tropic*; agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil- CNPq pelas bolsas de pós-graduação concedidas aos primeiro e terceiro autore e bolsa de produtividade concedida ao último autor, além do apoio do PROCALARES “*Conectividade e conservação do caranguejo insular terrestre Johngarthia lagostoma (H. MILNE EDWARDS, 1837) (DECAPODA: GECARCINIDAE): variabilidade genética, morfológica e desenvolvimento larval*” (“Fundação O Boticário de Proteção à Natureza”: 0959_20122).

8 CAPÍTULO III:**NOVOS REGISTROS DE DECÁPODES PLANCTÔNICOS NO OCEANO
ATLÂNTICO TROPICAL**

Mysis-stage of *Cerataspis monstrosa* (Gray, 1828).



Fonte: Simone Lira

Manuscrito I: New records of the larval forms *Cerataspis monstrosa* and *Amphionides reynaudii* (Crustacea: Decapoda) from the western tropical Atlantic

REVISTA:

Zootaxa

SITUAÇÃO:

Artigo publicado em: Zootaxa 4237 (2): 335–346.
DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4237.2.7>

Manuscrito II: First record of *Naushonia* sp. (Decapoda: Laomediidae) larva from the Equatorial Atlantic

REVISTA:

Zootaxa

SITUAÇÃO:

Artigo aceito

Manuscript I:**New records of the larval forms *Cerataspis monstrosa* and *Amphionides reynaudii* (Crustacea: Decapoda) from the western tropical Atlantic****Abstract**

The current biogeographic and taxonomic knowledge on decapod larvae in tropical oceans is still very incomplete, in spite of their huge ecological and socio-economic importance. The present study reports two new records for decapod larval forms in pelagic environments off oceanic islands in the western tropical Atlantic, and provides detailed diagnoses and images of these larvae. Samples were taken from July 2010 to November 2014 using neuston, bongo and WP-2 nets at three localities: St. Peter and St. Paul's Archipelago (SPSP), Rocas Atoll (RA) and Fernando de Noronha Archipelago (FN). The larval forms *Cerataspis monstrosa* (Gray, 1828) and *Amphionides reynaudii* (H. Milne Edwards, 1832) were recorded around these areas, constituting the first record for these oceanic islands. Out of 121 samples analyzed, one specimen of *C. monstrosa* (Mysis II) was found off FN, and 20 specimens of *A. reynaudii* in nine distinct stages (Mysis II, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII) were found off SPSP, RA and FN.

Key words: Aristeidae; *Plesiopenaeus armatus*; tropical oceanic islands, zooneuston, zooplankton

Introduction

The planktonic larvae of decapod crustaceans are found in almost every marine habitat, being part of several trophic levels of oceanic food webs, and are among the most abundant taxa in zooplankton samples (Anger 2001; Lindley *et al.* 2010). The abundance of these larvae can be extremely variable in space and time, increasing during specific spawning periods and near oceanic biodiversity hotspots (Brandão *et al.* 2013; Lira *et al.* 2014). However, the larval stages of most decapods have not yet been described, especially for oceanic islands in the tropical Atlantic.

Accordingly, the identification of several decapod groups is still a big challenge when studying the composition of marine zooplankton, resulting in a huge knowledge gap regarding tropical marine plankton. The amount of species-specific information on

decapod larvae at the oceanic islands of the tropical Atlantic is still limited to very few studies (Koettker *et al.* 2010; Brandão *et al.* 2012, 2013). This can be explained by the complexity of the diagnosis necessary to identify them, the time and amount of specialized knowledge needed for identification, the small number of specialists available for this kind of research, and by the absence of larval descriptions for innumerable species (Anger 2001; Pan & Hay 2010; Schram & Von Vaupel Klein 2010).

Several studies addressed the spatial distribution, taxonomic diversity and productivity of the overall zooplankton communities of the islands of the tropical Atlantic (see e.g. Díaz *et al.* 2008; Macedo-Soares *et al.* 2012; Melo *et al.* 2012; Lira *et al.* 2014). Most studies fail to provide identification of planktonic decapods to species level, with some exceptions (e.g. Heegaard 1966, 1969; Holthuis *et al.* 1980; Koettker *et al.* 2010; Brandão *et al.* 2012, 2013; Marafon-Almeida *et al.* 2016).

Some planktonic decapods occur very rarely and in very low abundances, such as the larval forms *Cerataspis monstrosa* (Gray, 1828) and *Amphionides reynaudii* (Milne Edwards, 1832). Therefore, their known distribution range is very limited and discontinuous. The planktonic *C. monstrosa* have been first described as larvae found in the stomach contents of a dolphin, and are rarely found in zooplankton samples (Gray 1828; Heegaard 1966; Morgan *et al.* 1988). The name of this species is due to its “monstrous” appearance (e.g., a characteristic sculptured carapace with various tubercles, horns and spines). Over 180 years, these larvae had not been linked to any adult forms. Recently, a phylogenetic study (Bracken-Grissom *et al.* 2012) successfully linked the adults of the deep sea shrimp *Plesiopenaeus armatus* (Bate, 1881) to the larval form *C. monstrosa*.

A. reynaudii is another historically problematic larval form. It is distributed throughout subtropical and tropical oceans, being widely spread in the North Atlantic (Lindley & Hernandez 1999; Lindley *et al.* 2002; Landeira *et al.* 2010; De Grave *et al.* 2015). In the South Atlantic, it was rarely recorded, and only on its eastern side (Heegaard 1969; Williamson 1973). Over four decades, it was part of an order of its own (order Amphionidacea Williamson, 1973), but a recent phylogenetic study (De Grave *et al.* 2015) reclassified it into the order Decapoda as *incertae sedis* within the infraorder Caridea.

Oceanic islands, atolls and seamounts function as biodiversity hotspots in oligotrophic tropical oceans (Doty & Oguri 1956; Gove *et al.* 2016). These ocean oases enhance nearshore phytoplankton biomass by up to 86% over oceanic conditions (Gove *et al.* 2016), turning them into important sites of biological productivity and important fishing grounds (Doty & Oguri 1956; Gove *et al.* 2016). These important hotspots suffer under multiple threats, e.g. from warming, acidification, tourism, plastics, pollutants and overfishing (Travassos *et al.* 1999; Ivar do Sul *et al.* 2009, 2013, 2014; Tolotti *et al.* 2015). At least 250 species of pelagic and benthic decapods have been recorded around offshore islands in the tropical Atlantic (Ortmann 1893; Chace 1966; Heegaard 1966, 1969; Holthuis *et al.* 1980; Manning & Chace 1990; Coelho *et al.* 2006, 2008; Coelho Filho 2006; Paiva *et al.* 2007; Alves *et al.* 2008; Koettker *et al.* 2010, Brandão *et al.* 2012). The present study brings two new records of the larval forms *C. monstrosa* and *A. reynaudii* for oceanic islands in the western tropical Atlantic.

Materials and methods

Study area

The study area comprises one isolated atoll and two offshore archipelagos: Rocas Atoll (RA) (3°51'S, 33°49'W), St. Peter and St. Paul's (SPSP) Archipelago (0°55'N, 29°2'W) and Fernando de Noronha (FN) Archipelago (03°51'S, 32°25'W) (Fig. 1).

Specific marine protected areas have been created around these three Brazilian oceanic ecosystems. The dynamics of the currents surrounding the islands are related to the complex system of the South Equatorial Current (Stramma & England 1999).

Sampling strategy

A total of 121 neuston and plankton samples were taken and analyzed for this study, in the context of the projects “Camadas Finas I” and “CARECOS” (Fig. 1; Table 1). Neuston was sampled off three oceanic areas in July and August 2010, using a David-Hempel aluminum catamaran (Hydro-Bios, Kiel, Germany). The neuston net sampled two depth strata: 1) Epineuston: from the surface to 7.6 cm depth and 2) Hyponeuston: from 7.6 cm to 22.8 cm (see Lira *et al.* 2014). For each area, three stations were sampled during the day and three during the night.

At Fernando de Noronha (FN) archipelago, plankton samples were collected with a bongo net (300 and 500- μm mesh), using the same sampling strategy. The bongo nets were towed from 150 meters depth upwards to collect 32 samples. Additionally, 18 plankton samples were collected in July and December 2013 and in June and November 2014 in nearshore areas at FN. Samples were collected aboard of a small boat at five stations (Fig. 1) during daylight and using a WP-2 net (UNESCO 1968) (300- μm mesh), which was towed at subsurface. After each haul, all samples were fixed separately with 4% formaldehyde buffered with sodium tetraborate ($0.5 \text{ g} * \text{L}^{-1}$).

Samples were analyzed *in toto* or in aliquots of $\frac{1}{2}$ or $\frac{1}{4}$, using a Motoda splitter (Omori & Ikeda 1984). The specimens were identified under a Zeiss Discovery V8 stereomicroscope and a Zeiss Axio Scope A1 microscope and photographed with Zeiss AxioCam RMc and AxioCam 105 color cameras. For each specimen, several images at different focus levels were stacked and combined (extended depth focus) using the ZEN 2 blue software (license no. 1672234489), as to generate images with extended depth of field.

The identification was based on appropriate literature (Heegaard 1966, 1969). Carapace length (CL) and total length (TL) were measured (damaged specimens excluded) (Table 1) using the software ZEN 2 blue (precision: 0.2 to 1.0 μm). The specimens were deposited at the Carcinological Collection of the “Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho” (MOUFPE) of the “Universidade Federal de Pernambuco” (UFPE), in Recife, Pernambuco state, Brazil.

TABLE 1. Sampling locations, geographic coordinates, gear and mesh size used to collect *Cerataspis monstrosa* and *Amphionides reynaudii* larval forms. CL: Carapace length. TL: total length. FN: Fernando de Noronha Archipelago, SPSP: St. Peter and St. Paul's Archipelago, RA: Rocas Atoll. Nearshore stations (CP) and Baia dos Golfinhos (BG). 66 to 107: Station numbers.

Table 1.

Station	Latitude (S)	Longitude (W)	Sample Date	Gear and mesh size (μm)	Species	larval stage	CL (mm)	TL (mm)
FN-97	03°46'46"	032°21'57"	08/01/2010	bongo 300	<i>C. monstrosa</i> **	II	5.85	12.43
FN-99	03°46'25"	32°22'77"	08/02/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i>	II	1.68	4.86
SPSP-73	00°55'00" *	29° 20'05"	7/21/2010	Epineuston 500	<i>A. reynaudii</i>	II	1.92	5.33
FN-100	03°46'47"	32°21'12"	08/02/2010	bongo 500	<i>A. reynaudii</i> **	II	1.93	5.41
FN-90	03°47'22"	32°21'89"	08/01/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i>	II	damaged	damaged
FN-91	03°45'12"	32°19'84"	08/01/2010	bongo 500	<i>A. reynaudii</i>	IV	2.34	5.83
FN-106	03°54'32"	32° 27'08"	08/02/2010	Hyponeuston 500	<i>A. reynaudii</i> **	IV	2.23	5.81
FN-98	03°46'58"	32°21'17"	08/01/2010	bongo 500	<i>A. reynaudii</i>	IV	2.41	6.23
FN-107	03°54'50"	32°28'08"	08/02/2010	Hyponeuston 500	<i>A. reynaudii</i>	VI	2.88	6.89
FN-BG	3°51'23.28"	32°27'18"	06/04/2014	WP2 300	<i>A. reynaudii</i>	VI	2.7	6.74
FN-99	03°46'25"	32°22'77"	08/02/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i>	VI	2.82	6.87
FN-100	03°46'47"	32°21'12"	08/02/2010	bongo 500	<i>A. reynaudii</i>	VII	3.65	7.24
FN-99	03°46'25"	32°22'77"	08/02/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i>	VII	3.33	7.76
FN-91	03°45'12"	32°19'84"	08/01/2010	bongo 500	<i>A. reynaudii</i> **	VIII	3.69	8.3
FN-90	03°47'22"	32°21'89"	08/01/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i> **	VIII	4.6	9.42
FN-91	03°45'12"	32° 20'24"	08/01/2010	Hyponeuston 500	<i>A. reynaudii</i> **	IX	4.88	9.20
FN-99	03°46'25"	32°22'77"	08/02/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i>	X	6.52	13.06
FN-93	03°45'18"	32°19'94"	08/01/2010	bongo 500	<i>A. reynaudii</i> **	X	7.64	14.95
FN-90	03°47'22"	32°21'89"	08/01/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i>	X	7.88	15.65
RA-66	03°47'02"	33° 56'45"	07/18/2010	Hyponeuston 500	<i>A. reynaudii</i> **	XI	9.22	15.4
FN-99	03°46'25"	32°22'77"	08/02/2010	bongo 300	<i>A. reynaudii</i> **	XII	11.3	21.17

*: North **: photographed specimens.

Results

In the 121 samples analyzed, two new records of planktonic decapods were found for the oceanic islands of the western tropical Atlantic. *C. monstrosa* was represented by only one specimen (Mysis II) (Fig. 2; Table 1). *A. reynaudii* was more frequent and abundant, being represented by 20 specimens in nine different stages (Mysis II, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII) (occurred at twelve stations) (Fig. 3; Table 1).

Systematics

Order DECAPODA Latreille

Suborder DENDROBRANCHIATA Bate, 1888

Family ARISTEIDAE Wood-Mason & Alcock

Genus *Cerataspis* Gray, 1828

Cerataspis monstrosa (Gray, 1828) (Fig. 2)

Cerataspis monstrosus Gray 1828: 8, pl. 6, figs. 5a, b.

Cryptopus Defranciai Latreille 1829: 100. —Milne Edwards: 1837: 439.

Cerataspis monstrosus Milne Edwards 1837: 438. — Gurney 1960: 83.

Lepsia tuberculosa Quoy 1839 in Guerin-Meneville 1839: pl. 1, 3–4.

Aristaeus armatus Bate 1881: 188–189; 1888, 312–316, pl. 45–46, figs. 1–2.

Cerataspis monstrosa Bonnier 1899: 27–49, pl. 3–6.

Aristaeus (Aristaeopsis) armatus Alcock 1901: 41.

Plesiopenaeus armatus Crosnier & Forest 1973: 294–296, figs. 99, c–d. — Tavares & Serejo 2007: 33–37, figs. 20–22.

Material examined. Brazil, Fernando de Noronha Archipelago, “Camadas Finas I Project”, St FN-97, 03°46.46”S 032°21’57”W, 0–150 m, bongo net, 300- μ m mesh size, 1 Mysis II (MOUFPE 15.706).

Diagnosis for the larvae. Body with large sculptured carapace that surrounds most of the body, including part of the abdomen, post-orbital dorsal horns, pterygostomian ventral horns; short rostrum, ventrally bent without teeth. Large and stalked eyes. Lateral swellings on the carapace, both anterior and posterior dorsal organs and four pairs of dorsal tubercles. Short abdomen without spines; telson with three lateral spines and the six setae inside the furca on each lobe (modified from Heegaard 1966; Morgan *et al.* 1985).

Geographic distribution (larval form). western Mediterranean: Gibraltar; eastern North Atlantic: Azores; eastern South Atlantic: Saint Helena, South Africa; western North Atlantic: North Carolina, Gulf of Mexico; western Indian Ocean: South of Madagascar; western North Pacific: South China Sea, South Japan, North of the Philippines (Heegaard 1966; Morgan *et al.* 1985; Franks & Flowers 2008; Bracken-Grissom *et al.* 2012).

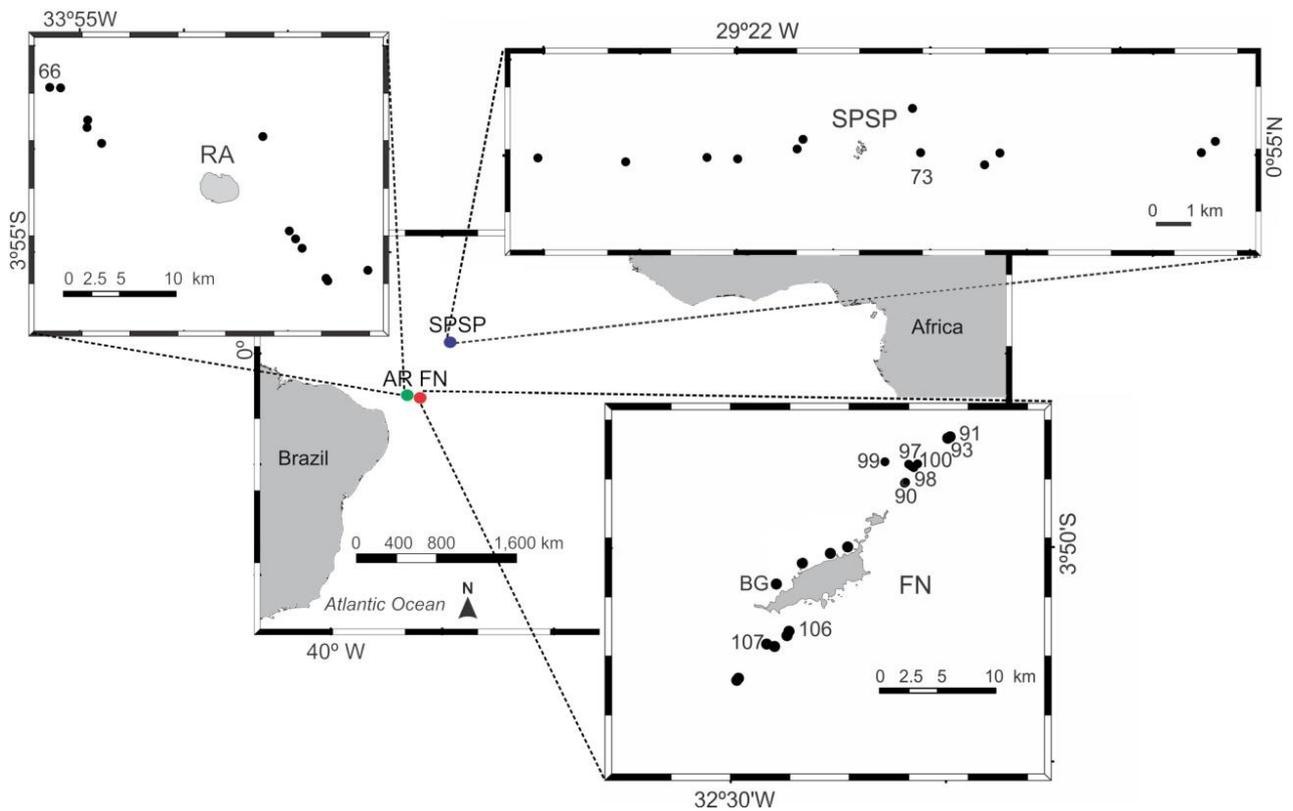


FIGURE 1. Map of the study area in the western tropical Atlantic showing St. Peter and St. Paul's Archipelago (SPSP) (blue circle), Rocas Atoll (RA) (green circle) and Fernando de Noronha Archipelago (FN) (red circle). Black dots: sampling stations, with station numbers where the larval forms *Cerataspis monstrosa* and *Amphionides reynaudii* were collected.



FIGURE 2. Mysis-stage of *Cerataspis monstrosa* larval form (Gray, 1828), sampled off Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. Mysis II. Lateral view; Scale bar = 1 mm.

Geographic distribution (adult form, as *Plesiopenaeus armatus*). eastern North Atlantic: Azores, Madeira, Canaries, Cape Verde; Central North Atlantic: Mid Atlantic Ridge; western North Atlantic: Gulf of Mexico; western South Atlantic: Brazil from Bahia and Espírito Santo states, Argentina; eastern Indian Ocean: Bay of Bengal; central Indian Ocean: Maldives; western Indian Ocean: Zanzibar, Madagascar; western North Pacific Ocean: Japan, Philippines; Central North Pacific: Hawaii; Central South Pacific: Wallis and Futuna Islands, Tuamotu; western South Pacific: Northeast of Australia (Pérez Farfante & Kensley 1997; D'Incao 1998; Dall 2001; Tavares & Serejo 2007; Cardoso *et al.* 2014).

New record (larval form). Fernando de Noronha Archipelago.

Remarks. The only specimen in this study was caught with a bongo net (300 micron mesh) off FN island during daylight. This is the first record of this larva in the oceanic waters of the south-western tropical Atlantic. The Mysis II found in the present study has 12.43 mm total length (TL); 5.85 mm carapace length (CL) (Table 1) and a rostrum of 2.36 mm length; whereas the Mysis II in Heegaard (1966) showed TL=12 mm, CL =5 mm and rostrum= 2 mm. The specimen in this study is very similar, in morphology and dimensions, to the specimens described in Heegaard (1966).

Suborder PLEOCYEMATA Burkenroad**Infraorder CARIDEA Dana****Genus *Amphionides* Zimmer**

Amphionides reynaudii (Milne Edwards, 1832) (Fig. 3)

Amphion de Reynaudii Milne Edwards 1832: 336–340, pl. 12, Figs. 1–10.

Amphion Reynaudii Milne Edwards 1837: 489, pl. 28, figs. 8, 9.

Amphion reynaudii Dohrn 1870: 607–626, Figs. 1–10.– Heegaard 1969: 01–82, Figs. 1–158.

Amphion provocatoris Bate 1888: 913–918, pl. 148.

Amphion armata Koeppel 1902: 295.

Amphionides valdiviae Zimmer 1904: 226.– Gurney 1960: 83.

Amphionides reynaudii Williamson 1973: 36–49, Figs. 1–4. – Fransen 2010: 83–95, Figs. 62.1–62.6. –Kutschera *et al.* 2012:916-930; Figs. 1–7.

Material examined. Brazil, Fernando de Noronha Archipelago. CARECOS Project. St FN-BG, 3°51'23.28"S 32°27'18"W; 0–0.6 m, WP2, 300-µm mesh size, Mysis VI (MOUFPE 15.719). Camadas Finas I Project. St FN-99, 03°46'25"S 032°22'77"W; 0–150 m, bongo, 300-µm mesh size, 5 Mysis (II, VI, VII, X, XII) (MOUFPE 15.711). St FN-100, 03°46'47"S 032°21'12"W; 0–150m, bongo, 500-µm mesh size, 2 Mysis (II, VII) (MOUFPE 15.713). St FN-90, 03°47'22" S 032° 22'29" W; 0–150 m, bongo, 300-µm mesh size, Mysis II, VIII, X (MOUFPE 15.714). St FN-91, 03°45'12"S 032°19'84"W; 0–150 m, bongo, 500-µm mesh size, 2 Mysis (IV, VIII) (MOUFPE 15.715). St FN-106, 03°54'32"S 032° 27'08"W; 7.6–22.8 cm, Hyponeuston, 500-µm mesh size, Mysis IV (MOUFPE 15.716). St FN-98, 03°46'58"S 032°21'17"W; 0–150 m, bongo, 500-µm mesh size, Mysis IV (MOUFPE 15.717). St FN-107, 03°54'50"S 032°28'08"W; 0–7.6 cm, Epineuston, 500-µm mesh size, Mysis VI (MOUFPE 15.718). St FN-91, 03°45'12" S 032° 20'24" W; 7.6–22.8 cm, Hyponeuston, 500-µm mesh size, Mysis IX (MOUFPE 15.720). St FN-93, 03°45'18" S 032°19'94" W; 0–150m, bongo, 500-µm mesh size, Mysis X (MOUFPE 15.721). St. Peter and St. Paul's Archipelago and Rocas Atoll. Camadas Finas I Project. St RA-66, 03°47'02" S 033° 56'45" W; 7.6–22.8 cm, Hyponeuston, 500-µm mesh size, Mysis XI (MOUFPE 15.722). St SPSP-73, 00°55'00" N 029° 20'05" W; 0–7.6 cm, Epineuston, 500-µm mesh size, Mysis II (MOUFPE 15.712).

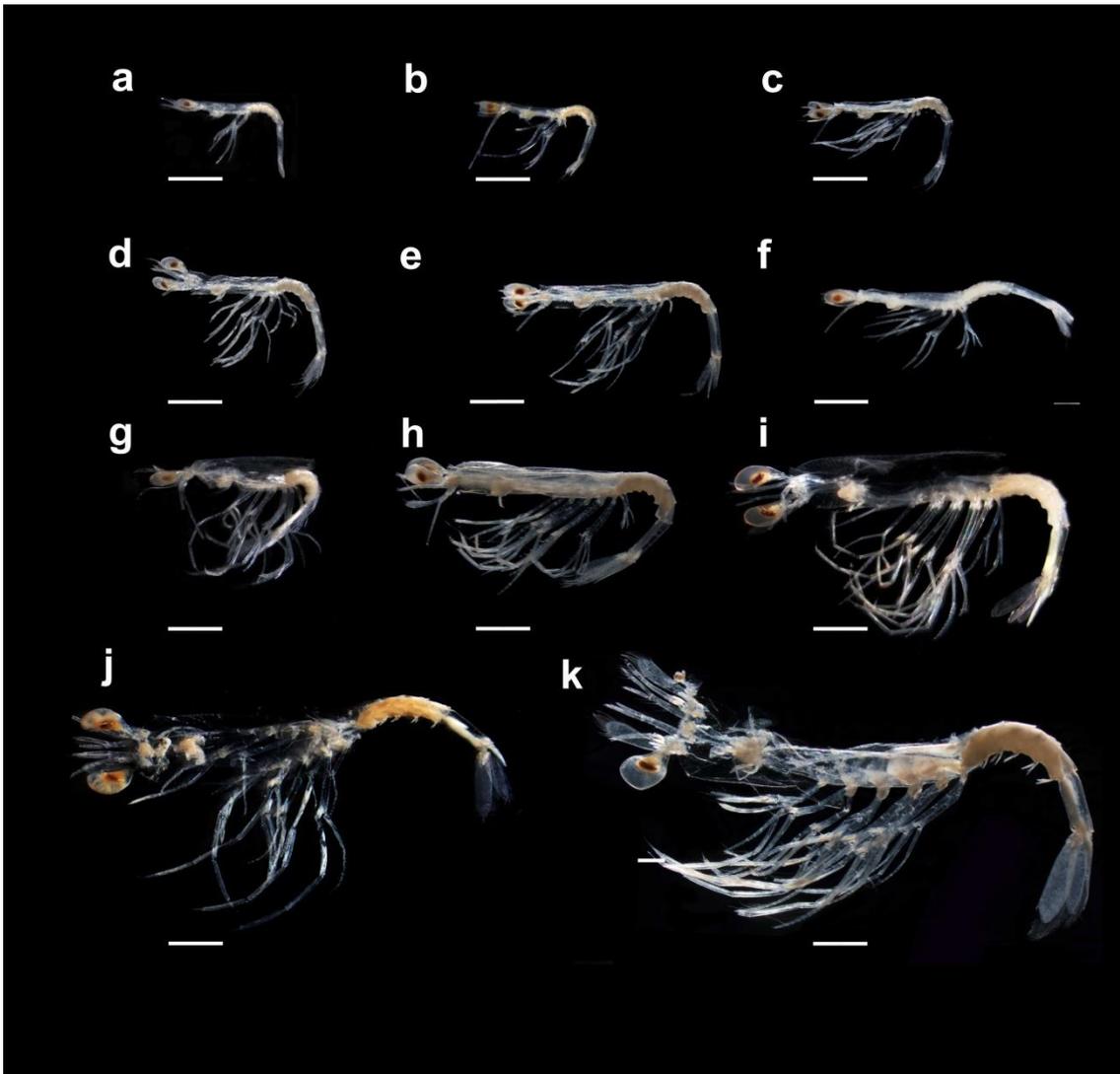


FIGURE 3. Mysis-stage larvae of *Amphionides reynaudii* (Milne Edwards, 1832) sampled off St. Peter and St. Paul's Archipelago, Rocas Atoll and Fernando de Noronha Archipelago a. Mysis II, b. Mysis IV, c. Mysis VI, d. Mysis VII, e. Mysis VIII, f. Mysis VIII (specimen very smaller) g. Mysis IX. h. Mysis X, i. Mysis X (specimen very bigger), j. Mysis XI, k. Mysis XII. Lateral view; Scale bar = 2.0 mm.

Diagnosis for the larvae. Body long and laterally compressed; long, diaphanous and delicate carapace, anterior margin with a pair of orbital spines, and a pair of simple antennal spines; with anterior dorsal organ, short rostrum; large eyes, eye-stalk with ellipsoid form and possess ommatidia, each with crystalline cone cells; short abdomen with six segments, bearing a lateral process on the first abdominal segment in stages II-XII; pleopods absent in stages II-IX; the first pair of thoracic appendages develops into functional maxillipeds; the second and third maxillipeds develop into locomotory

organs with long exopodial swimming fans. In later larval stages the second and the third maxillipeds can only be distinguished from the thoracopods by their enervation and position, all these appendages are known as thoracopods; the first stage (*sensu* Fransen 2010) starts with two antennae, mandible, maxillula, maxilla, and three thoracopods, in the second stage, the fourth thoracopod starts to develop as a little bud. In the successive Mysis stages the other thoracopods develop; telson with rounded posterior border in early stages to pointed posterior border in later stages. Uropods vestigial in the second stage, present in all other stages, always forming a tail fan together with the telson (modified from Heegaard 1969; Fransen 2010; Kutschera *et al.* 2012).

Geographic distribution. eastern North Atlantic: Canaries, Cape Verde; western North Atlantic: Bermudas, Caribben; eastern South Atlantic: west Africa; Northern Indian Ocean: Arabian Sea, Error Seamount, Bay of Bengal; western Indian Ocean: Saya-de-Malya, Seyshelles, Madagascar, Mauritius islands, Mozambique slopes; eastern North Pacific: Colombia; eastern South Pacific: Chile from Caldera to Easter Island; Desventuradas, Juan Fernandes, Salas and Gomez and San Felix islands; western North Pacific: Japan; Philippines; Northeastern Australia; central North Pacific: Hawaii (Heegaard 1969; Williamson 1973; Vereshchaka 1995; Lindley & Hernandes 1999; Rivera *et al.* 2004; Landeira *et al.* 2010).

New records. St. Peter and St'. Paul Archipelago, Fernando de Noronha Archipelago and Rocas Atoll.

Remarks. This study is the first record of this species for these oceanic islands and also the first record in neuston samples. Nine larval stages were registered in this study, based on the stage classification of Heegaard (1969). Among the three specimens classified as Mysis X in this study, one specimen is probably an intermediary stage between Mysis X and XI *sensu* Heegaard (1969), because of the different size and development of the last thoracopods (Fig. 3i, Table 1). The existence of this intermediary stage was first hypothesized by Kutschera *et al.* (2012), although it was not found in their study.

Several specimens found in this study differ in size from those analyzed by Heegaard (1969) and Kutschera *et al.* (2012).

The Mysis IV *sensu* Heegaard (1969), which corresponds to stage 1 *sensu* Kutschera *et al.* (2012) was caught as three individuals with 2.23 to 2.41 mm CL and 5.81 to 6.23 mm TL (Table 1). The Mysis IV found in Heegaard (1969) was of similar size, with CL = 2.2 mm and TL = 6.0 mm (CL = 2.2 to 2.3 mm and TL = 6.1 to 6.2 mm in Kutschera *et al.* 2012). One specimens classified as Mysis IV in this study was considerably smaller, with a TL = 5.81 mm (the same size of the Mysis III in Heegaard 1969), but with a similar morphology of the Mysis IV, because of the well-developed first pereopod, telson and uropods (Fig. 3b).

In this study, two specimens were found as Mysis VIII with very different sizes, with 3.69 mm and 4.60 mm CL and 8.30 mm and 9.42 mm TL. One of those Mysis VIII was considerably smaller than expected, but showed a morphology that was similar to a Mysis VIII, because of the poorly developed first pereopod (Fig. 3f, Table 1). The Mysis VIII in Heegaard (1969) showed CL = 4.5 mm and TL = 9.0 mm, similar to the larger specimen in this study. Kutschera *et al.* 2012 also found a considerable size range for their stage 4 (i.e., Mysis VIII), with CL = 3.8 to 4.2 mm and TL = 9.0 to 9.1 mm.

The Mysis X presented in this study showed a TL = 6.52 to 7.88 mm and CL = 13.03 to 15.65 mm; for three specimens measured (Table 1); the larvae recorded by Heegaard (1969) presented a TL = 7.0 mm and CL = 13.0 mm and the larvae recorded by Kutschera *et al.* 2012 as stage 6 presented a TL = 7.9 mm and CL = 13.0 -15.5 mm. The specimens with 14.95 and 15.65 mm recorded in the present study were larger than the Mysis X described by Heegaard (1969). However, it did not present any characteristics (e.g. no present pleopod development) of the Mysis XI (Fig. 3i). The present study records Mysis XI and XII with TL = 15.4 and 21.17, respectively, which were also smaller than the larvae described by Heegaard (1969). Probably, the specimens recorded in this study may be the hypothetical phase between Mysis XI and XII suggested by Kutschera *et al.* (2012).

Heegaard (1969) described thirteen different larval stages from the Indian Ocean Expedition. In contrast, Williamson (1973) analyzed the same samples studied by Heegaard (1969) and suggested that the stages XII and XIII were a female and a male specimens, respectively, and that they were not successive larval stages, as suggested by Heegaard (1969). Kutschera *et al.* (2012) have drawn the same conclusion as Williamson (1973). In the present study, one Mysis XII was found, with the characteristics of a female (Fig. 3l), which should have no eighth thoracopods and a

uniramous first pleopod (Williamson 1973; Fransen 2010). In fact, the sexual differentiation starts in Mysis IX. Later stages may be separated into females and males based on the lengths of the flagella and the thickness of the antennular peduncle (Williamson 1973; Fransen 2010), but, in this study, sexual differentiations were not verified for Mysis IX, X and XI.

Distribution of *Amphionides reynaudii*

In this study, larvae of *A. reynaudii* were found around all three island ecosystems. Also, the specimens were caught with three different gears (neuston, bongo and WP-2 nets). Their densities and frequencies were extremely low. In the neuston net, density varied from 0.1 ind. 100 m⁻³ (Epineuston FN and SPSP, Hyponeuston AR) to 33 ind. 100 m⁻³ (Hyponeuston FN). The initial larval stages were found in the neuston net (Mysis II and IV) (Table I). The only exception was one Mysis X larva found off AR. The larvae were found mainly during the night, except at SPSP.

Densities and frequencies of *A. reynaudii* larvae in the bongo nets around FN varied from 2.0 ind. 100 m⁻³ in the 500- μ m mesh to 2.4 ind. 100 m⁻³ in the 300- μ m mesh. All larval stages were found in the bongo net, and all specimens were registered during the night. In the subsurface WP-2 net hauls, only one specimen (Mysis VI, Table 1) was caught, in the nearshore area of FN, during the day

Discussion

This study increased the geographic distribution and brought new insights into the vertical distribution of two decapod larval forms. *C. monstrosa* and *A. reynaudii* were found in pelagic environments of the tropical western Atlantic for the first time. Additionally to being rare, their abundance was very low (only one specimen of *C. monstrosa* and very low abundances of *A. reynaudii*, 0.1 to 33 ind. 100.m⁻³) as compared to other decapod larvae in the study area. For example, Brandão *et al.* (2013) found densities ranging from 2 to 8000 ind. 100 m⁻³ for the zoea-stage larvae of the common red rock crab *Grapsus grapsus* Linnaeus in the waters off SPSP.

Geographic distribution and depth range

The geographic and depth distributions of these organisms in their adult and larval forms suggest specific hypotheses for their distribution. The larval form *C. monstrosa* is easily recognized because of its unusual morphology (Heegaard 1966; Morgan *et al.*

1985). Nevertheless, there are only very few records worldwide. These larvae, when linked to their adult forms (*Plesiopenaeus armatus*), present a considerably expanded geographic distribution (Bracken-Grissom *et al.* 2012). This species presents a characteristic ontogenetic vertical migration: early larval stages are recorded in surface waters, while more advanced larval stages and adults are found in the deep sea (752–5413 m) (Pérez Farfante & Kensley, 1997; Dall, 2001; Tavares & Serejo, 2007; Fransen 2010; Cardoso *et al.* 2014). Due to its wide vertical distribution in the water column and the occurrence of *P. armatus* in all oceans, it can be concluded that these larvae probably occur across the whole tropical Atlantic, since it probably lives on the continental slope and deep sea in tropical, subtropical and (rarely) temperate waters worldwide (Tavares & Serejo 2007, Bracken-Grissom *et al.* 2012).

In the case of *A. reynaudii*, it also performs a vertical ontogenetic migration, the early larval stages being found in surface waters (depths of about 100 m) and more advanced stages in the deep sea (below 700 m) (Gurney 1936; Heegaard 1969; Williamson 1973). The larvae of *A. reynaudii* are also easily recognized. The geographic distribution of *A. reynaudii* covers tropical and subtropical waters (see Geographic distribution). It can be found in all oceans between 36°N and 36°S (Heegaard 1969, Fransen 2010). However, despite its wide distribution in the world (Heegaard 1969; Fransen 2010), there have not been any records of this species in the southwestern Atlantic Ocean (FN, AR) and neither for SPSP (which is located in the northern hemisphere). It is common off oceanic islands, such as off the Canary Islands and Cape Verde (North East Atlantic) (Heegaard 1969; Lindley and Hernandez 1999; Landeira *et al.* 2010), areas off Ascension Island (South Central Atlantic Ocean) (Heegaard 1969), Juan Fernández Archipelago and Desventuradas Islands (East South Pacific Ocean) (Rivera *et al.* 2004). Thus, the lack of records for this species from other tropical islands in the Atlantic Ocean could be due to the scarcity of studies focusing on rare decapods. However, it is likely that there is a wider distribution and connectivity among *A. reynaudii* populations around insular environments, as suggested by the records in all three areas of the present study. It probably occurs across the tropical Atlantic, since it is being found in some areas in the North and South Atlantic Ocean.

Sampling strategies

The present study records for the first time a *C. monstrosa* (larval form of *Plesiopenaeus armatus*) from plankton samples off FN. Previously, there had been no

records of larvae or adults of *C. monstrosa* or *Plesiopenaeus armatus* for the oceanic islands of the western tropical Atlantic. The unique specimen recorded among 32 bongo samples, shows its low density and frequency, which is common for larvae of this species (Morgan *et al.* 1988; Marshall *et al.* 1999; Bracken-Grissom *et al.* 2012).

This is only the fifth study that reports the capture of *C. monstrosa* larvae with plankton nets, all other studies registered these larvae as being very abundant in the stomach contents of several large pelagic offshore fish species (Morgan *et al.* 1988). The low abundance of these larvae in plankton studies may be due the known low abundance of adults despite their vast geographic distribution, and the poor sampling effort in the deep sea, where larvae and adults occur. Assessing the most appropriate gear to collect *C. monstrosa* proved to be very difficult, due to the fact that only one specimen had been captured using different nets. However, when comparing all studies that captured *C. monstrosa*, we recommend the use of bongo or larger nets. In the laboratory, sample analysis *in toto* is recommended to detect and enumerate these rare larvae.

The results on *A. reynaudii* larvae obtained in this study contain some highlights worth underlining: 1) The present study recorded *A. reynaudii* in the neuston for the first time. Most studies observed a vertical distribution of this species in its initial phases, which may be found at shallow depths (0-100m) of oceanic waters (Heegaard 1969), but their exact depths have not been mentioned. In this study, the vertical distribution of this species can be expanded to the neuston layer during night and day periods. 2) In the literature, advanced Mysis-stage larvae are frequently recorded in deeper waters. However, this study has recorded an advanced Mysis larva of *A. reynaudii* (Mysis IX) in the hyponeuston, i.e., in the 7.5 to 22.8 cm depth layer. 3) Studies which collected *A. reynaudii* around the world mostly used a bongo net or other larger nets in deep tows (Heegaard 1969; Williamson 1973; Lindley and Hernandez 1999; Lindley *et al.* 2002; Landeira *et al.* 2010). This study also showed how important it is to use a bongo net, since the samples collected with both meshes on FN presented similar densities and several different stages of *A. reynaudii*. The use of bongo nets enhanced the volume of filtered water from 150 m depth up to the surface, allowing the capture of large numbers of individuals, although it is usually more abundant in deeper layers (from 200 to 600 m) (Heegaard 1969). 4) In the first sampling period of this study (July and August 2010), all larval stages from Mysis II to Mysis XII were

recorded. In the second sampling period (July and December 2013; June and November 2014), one specimen of *Mysis* VI was caught in June 2014. This indicates that this species' spawning period in the tropical western Atlantic covers the period from June to August.

This study contributes to the knowledge of the decapod fauna of the tropical Atlantic, and may provide useful information for the conservation of this group in this region, which contains several protected areas. These isolated offshore environments must be studied thoughtfully, since they play an invaluable biogeographic role in the tropical Atlantic (e.g. as stepping-stones between Africa and South America), contributing to the dispersal and permanence of these and many other species. These oceanic islands are considered oases in the middle of an oligotrophic ocean. In these environments, upwelling produced by the "island mass effect" may explain the presence of rare deep-sea organisms near the surface (Travassos *et al.* 1998; Cordeiro *et al.* 2013; Lira *et al.* 2014).

Further studies are still necessary to assess the huge diversity of planktonic decapods in tropical oceans. Some points observed in this study may be relevant for future studies off tropical oceanic islands, such as the use of different sampling methods (bongo, WP-2 and neuston nets). The analysis of samples collected in other areas nearby have a high potential to reveal new records of planktonic decapods off these oceanic islands.

Acknowledgements

This study was supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, PhD fellowship awarded to the first author), the Brazilian Navy, the Brazilian Ministry for Science and Technology and the research projects INCT AmbTropic (CNPq/CAPES/FAPESB) and CARECOS (FACEPE). The authors thank the crew and researchers on board of NHO Cruzeiro do Sul, and UFPE's Department of Oceanography. Many thanks to Jonata A. Francisco; Ralf Cordeiro and Flávio A. Alves for reviewing the manuscript. We wish to acknowledge the editor Joseph Goy, one anonymous reviewer and José M. Landeira for their helpful comments and suggestions that significantly contributed to improve this manuscript.

Manuscript II:

First record of *Naushonia* sp. (Decapoda: Laomediidae) larva from the Equatorial Atlantic

Abstract

The first zoeal-stage larva of a possibly new species of mud shrimp *Naushonia* (Decapoda: Gebiidea: Laomediidae) was described from plankton samples taken off the Fernando de Noronha Archipelago, for the first time from the oceanic islands of the Equatorial Atlantic. Five zoea I larvae were obtained and dissected for observation. This zoea I of *Naushonia* sp. is well distinguished from the first larvae of *N. portoricensis* (Rathbun 1901) from the Caribbean and *N. cangronoides* (Kingsley 1897) from the Northwest Atlantic in terms of development and setation of appendages, and probably belongs to new undescribed species. The present study widens the knowledge on tropical oceanic decapod larvae and provides detailed drawings and new photographic illustrations with extended depth of field of these organisms.

Keywords: Decapod crustacean larvae, Fernando de Noronha Archipelago, Laomediidae, mud shrimp, new records, tropical oceanic islands, zooplankton

Introduction

Naushonia spp. Kingsley 1897 are shallow-water mud shrimps with a limited geographic range and several recently described species (Anker 2014; Anker *et al.* 2015). These mud shrimps may be considered cryptic, occurring rarely and in very low abundances (Fernandes & Bonecker 2008). Therefore, their known distribution range is very limited and discontinuous. Among the 14 species that are known as adults for this genus, only two species had their larval stages described: *N. portoricensis* (Rathbun 1901) from the Caribbean, and *N. cangronoides* (Kingsley 1897) from the Northwest Atlantic (Gurney & Lebour 1939; Goy & Provenzano 1978). One new larval morphotype of *Naushonia* sp. (Zoea II, III, IV, V, VI) was recently described from plankton samples taken off the coast of southwestern Brazil, from Bahia to Rio de Janeiro (Fernandes & Bonecker 2008).

This genus has not yet been reported for the oceanic island ecosystems of the Equatorial Atlantic. In this study, we describe the first zoea stage of this (possibly new)

species, and compare it with the larvae of the closely related congener species *N. portoricensis* and *N. cangronoides*.

Materials and methods

The study area comprises the isolated oceanic Fernando de Noronha archipelago (FN), which is located in the Equatorial Atlantic, 360 km from the Brazilian coast (03°51'S, 32°25'W). A total of 17 plankton samples were taken at five stations and analyzed for this study, in the context of the project “CARECOS” project. The 17 samples were collected aboard of a small boat at five stations: Porto de Santo Antônio (PSA), Praia do Cachorro (PC), Praia da Conceição (CON), Cacimba do Padre (CP) and Baía dos Golfinhos (BG) (for details see Lira *et al.* 2017). The tows were performed during daylight with a conical-cylindrical plankton net (300- μ m mesh), which was towed at subsurface. All samples were fixed individually with 4% formaldehyde buffered with sodium tetraborate (0.5 g * L⁻¹).

Samples were analyzed *in toto* or in aliquots of ½ using a Motoda splitter (Omori & Ikeda 1984). The five specimens of *Naushonia* sp. were identified under a Zeiss Discovery V8 stereomicroscope and a Zeiss Axio Scope A1 microscope.

All five specimens were analyzed regarding their external morphology and photographed with Zeiss AxioCamRMc and AxioCam 105 color cameras, attached to Zeiss Discovery V8 stereomicroscope and a Zeiss Axio Scope A1 microscope. Several images at different focus levels were stacked and combined using the ZEN 2 blue software (license no. 1672234489), as to generate images with extended depth of field. Carapace length (CL) and total length (TL) were measured (Table 1) using the ZEN 2 blue software (precision: 0.2 to 1.0 μ m).

Three specimens had their mouthparts dissected for a detailed identification, description, photographic images and drawings. The identification was based on appropriate literature (Gurney & Lebour 1939; Goy & Provenzano 1978; Fernandes & Bonecker 2008). Drawings of the larvae and their appendages were made using a Zeiss Stemi SV6 stereo-microscope and a Leica DME microscope, both equipped with camera lucida.

All specimens were deposited at the Carcinological Collection of the “Museu de Oceanografia Dr. Petrônio Alves Coelho” (MOUFPE) of the Federal University of Pernambuco (UFPE), in Recife, Brazil.

Results

In the 17 samples analyzed from five stations off Fernando de Noronha Island, five specimens (Zoea I) of a new larva of *Naushonia* sp. were found in five samples, taken at three stations (Table 1).

Systematics

Suborder Pleocyemata Burkenroad

Infraorder Gebiidea de Saint Laurent

Family Laomediidae Borradaile

Genus *Naushonia* Kingsley 1897

Naushonia sp.

(Figs. 1–3)

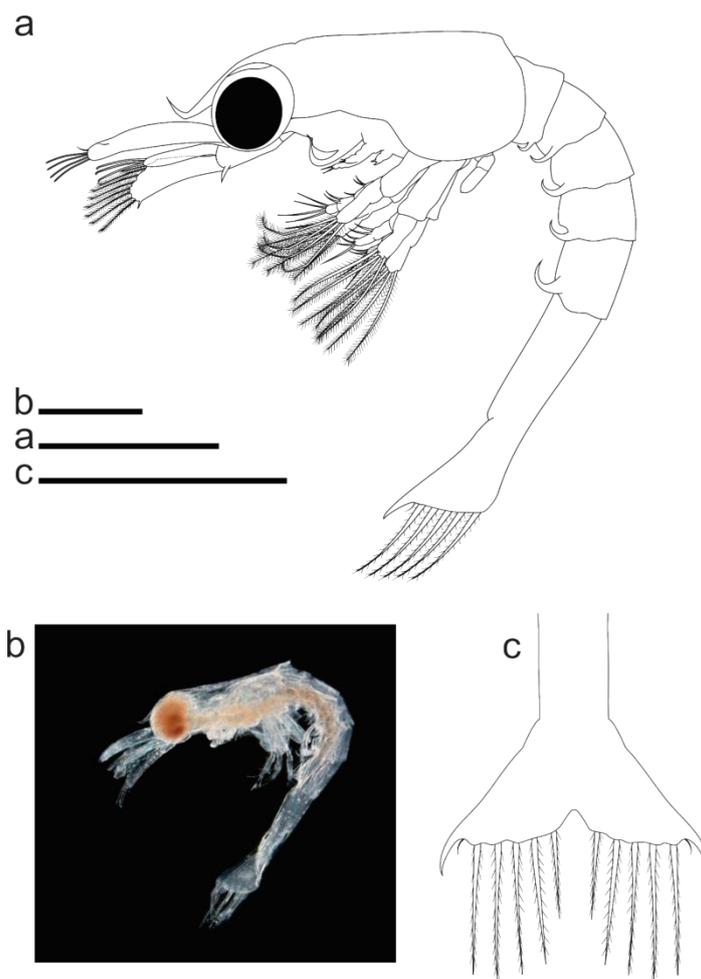


FIGURE 1. Zoea I of *Naushonia* sp. sampled off Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. a,b. Lateral view; c. Telson. Scale bar= 0.5 mm.

Material examined. Brazil, Fernando de Noronha Archipelago. CARECOS Project. St FN-PSA, 3°50'5.47"S 32°24'14.52"W, 0.6 m, conical-cylindrical plankton net, 300- μ m mesh size, Zoea I (MOUFPE 15.707); St FN-CP, 3°50'49.02"S 32°26'37.14"W, 0.6 m, conical-cylindrical plankton net, 300- μ m mesh size, Zoea I (MOUFPE 15.708); St FN-PC, 3°50'18.33"S 32°24'42.99"W, 0.6 m, conical-cylindrical plankton net, 300- μ m mesh size, Zoea I (MOUFPE 15.709); St FN-PSA, 3°50'5.47"S 32°24'15.52"W, 0.6 m, conical-cylindrical plankton net, 300- μ m mesh size, Zoea I (damaged); St FN-PSA, 3°50'5.47"S 32°24'14.52"W, 0.6 m, conical-cylindrical plankton net, 300- μ m mesh size, Zoea I (MOUFPE 15.710) (Table 1).

Diagnosis for the larvae. First Zoea-stage larvae (trachelifer larvae *sensu* Williamson, 1957) with long and laterally compressed body; rostrum small, smooth and curved upward; eyes spherical; unstalked carapace long, slender in its anterior portion; supra-orbital, dorsal and pterygostomial spines absent; mandibles asymmetrical and not completely covered by carapace; paragnath pronounced; pleural spines turned forward with their tips curved inward, present on abdominal somites 1-5; telson triangular with spinous process and five plumose setae inside the furca; two small outer spines (anomuran hair) on each telsonal furca (modified from Gurney & Lebour 1939; Goy & Provenzano 1978; Fernandes & Bonecker 2008).

Morphological description. The description of the Zoea I larvae was based on five specimens, all of which were analyzed for their external morphology and measured. The complete dissection of mouthparts was conducted for three specimens.

Zoea I (Figs. 1–3): Carapace length (CL): 0.82 to 0.91 mm and total length (TL): 2.26 to 2.59 mm; five specimens measured (Table 1).

Antennule (Figs. 2a; 3a): Uniramous; terminus with four aesthetascs and one short simple seta. Lateral bud with apical long plumose seta.

Antenna (Figs. 2b; 3b): Endopodite unsegmented, with three long terminal plumose setae. Exopodite scale-like with nine plumose setae on inner and distal margins, spine on outer distal margin. Protopodite with 1 strong spine distally at base of exopodite.

Mandibles (Figs. 2c–d; 3c–d): are asymmetrical, left mandible (Fig. 2c; 3c) with pronounced molar process bearing three teeth and nine teeth on the inner surface of the base. Right mandible (Figs. 2d; 3d) with one stout, reduced spinous tooth on its process, two teeth on the external surface and eleven teeth on the inner surface of the base.

Paragnath (Figs. 2e; 3e): pronounced, strongly curved and with smooth inner surface and two small spines on the base.

Maxillule (Figs. 2f; 3f): Endopodite unsegmented, with three terminal setae; coxal endite bearing two robust spines (these with a very small lateral thorn bone), two central spines and one seta subterminally. The basal endite with three robust apical spines and one robust spine subterminally.

Maxilla (Figs. 2g; 3g): Four endites bearing 1, 4, 4, 4 setae. Endopodite reduced unsegmented with three apical setae. Scaphognathite small, bearing five short plumose setae, without proximal extension.

First maxilliped (Figs. 2h; 3h): Exopodite bearing four long plumose setae. Six setae along medial margin of basipodite (one in proximal margin, two medial margin and three in distal margin). Endopodite with four segments; setation proximal to distal 2, 1, 2, 5, the distal segment of endopodite with four long terminal setae, and one subterminal seta very slim in the superior basis of the distal segment.

Second maxilliped (Figs. 2i; 3i): Exopodite bearing four long plumose setae. Seta absent in basipodite, endopodite with four segments: setation proximal to distal 0, 0, 2, 5, the distal segment of endopodite with four long terminal setae, and one very slim subterminal seta on superior basis of distal segment.

Third maxilliped (fig. 2j; 3j): Two-jointed rudiment without setae.

Telson (Figs. 1b; 3k): Triangular, with deeply notched posterior margin bearing five pairs of plumose setae and a pair of small “anomuran hairs” (i.e., reduced processes, as in many other Gebiidea) (Fig. 3l) on the base of the outer most fixed spine on each lobe.

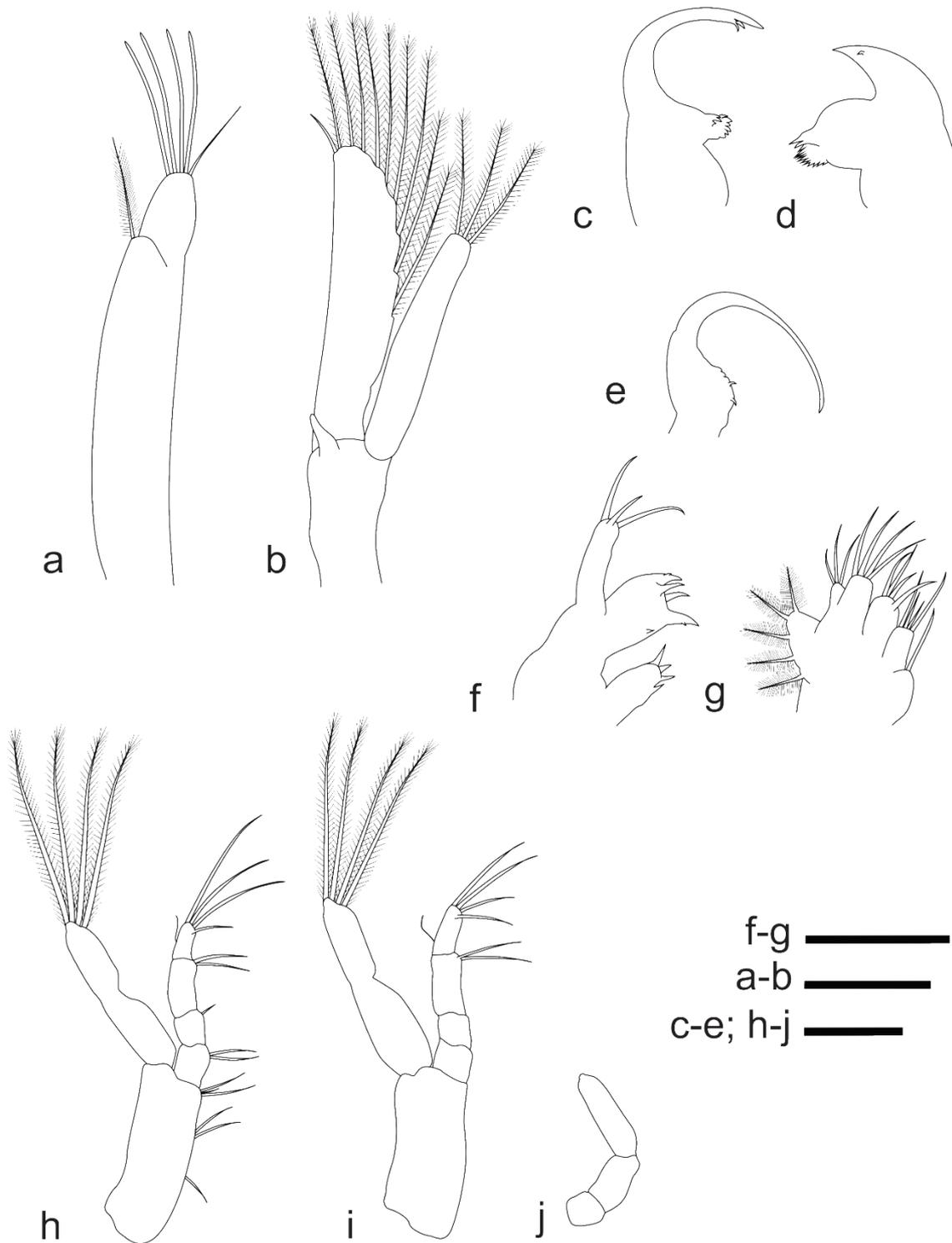


FIGURE 2. Zoa I of *Naushonia* sp. a. Antennule; b. Antenna; c. Left mandible; d. Right mandible; e. Paragnath; f. Maxillule; g. Maxilla; h. First maxilliped; i. Second maxilliped; j. Thirty maxilliped. Scale bar= 0.1 mm.

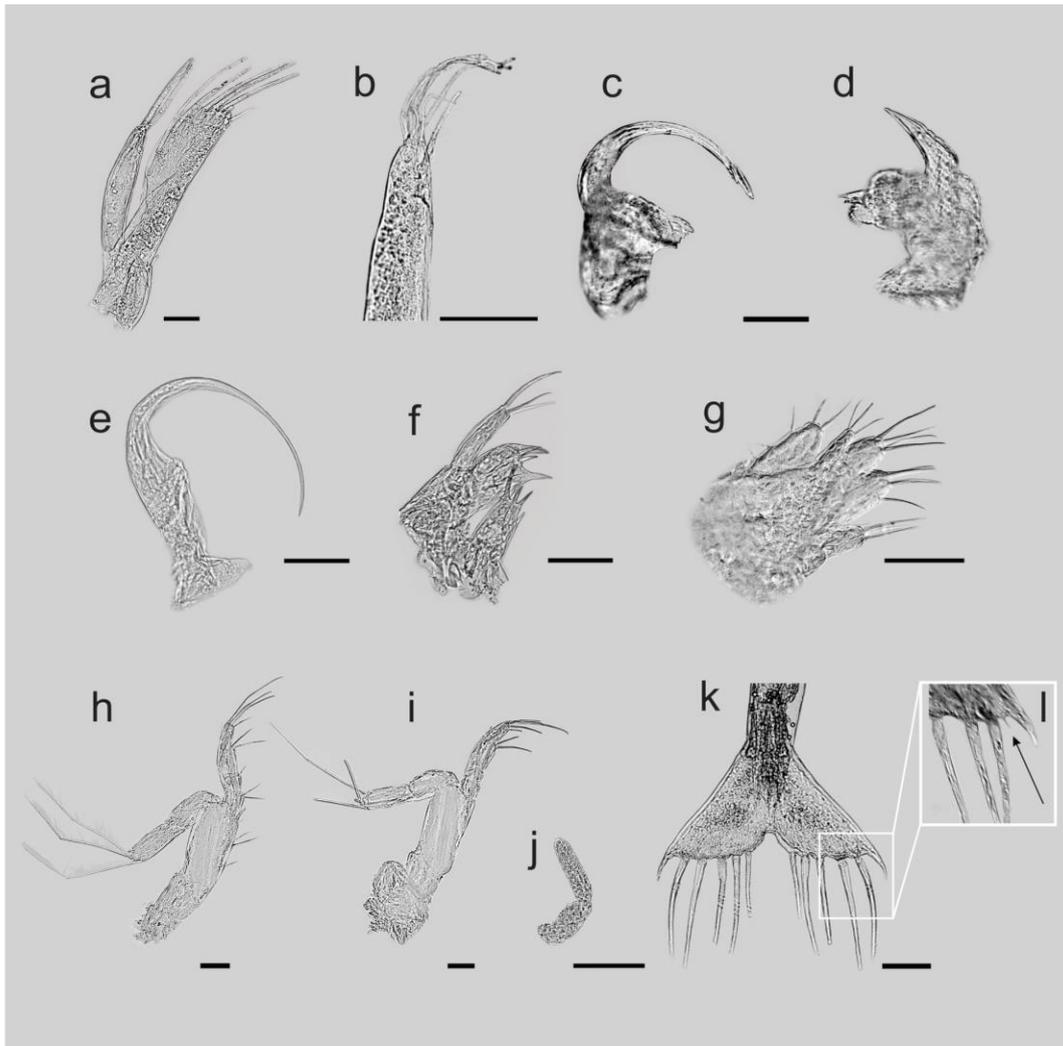


FIGURE 3. Zoea I of *Naushonia* sp. a. Antennule; b. Antenna; c. Left mandible; d. Right mandible; e. Left paragnath; f. Maxillule; g. Maxilla; h. First maxilliped; i. Second maxilliped; j. Thirty maxilliped; k. Telson; l. anomuran hair. Scale bar= 0.05 mm (c–g); 0.1 mm (a–b; h–k)

Remark. This species shows different characteristics when compared to other Zoea I of *Naushonia* spp. The Zoea I presented here in has TL = 2.26-2.53 mm and CL = 0.82-0.91 mm for five specimens measured (Table 1); whereas the Zoea I of *N. portoricensis* was considerably smaller, with a TL=1.7 mm (Gurney & Lebour 1939) while *N. cangronoides* showed a similar size, with TL=2.3-2.6 mm and CL=0.8-0.9 mm. In spite of its similar size, the setation of Zoea I of *N. cangronoides* was different for first and second maxillipeds. Furthermore, format and number of the teeth on the left mandible

were also considerably different, as well as the paragnaths, maxillule, maxilla, telson which have a similar setation as *N. crangonoides*, but were clearly different in their shapes.

Table 1 Sampling locations and coordinates, where larval *Naushonia* sp. were sampled. CL: Carapace length. TL: total length. Fernando de Noronha Archipelago (FN). Nearshore stations: Porto de Santo Antônio (PSA); Praia do Cachorro (PC) and Cacimba do Padre (CP).

Station	Latitude (S)	Longitude (W)	Sample Date	larval stage	CL (mm)	TL (mm)
FN-PSA	3°50'5.47"	32°24'14.52"	06/04/2014	I	0.89	2.59
FN-CP	3°50'49.02"	32°26'37.14"	12/05/2013	I	0.88	2.33
FN-PC	3°50'18.33"	32°24'42.99"	06/04/2014	I	0.82	2.26
FN-PSA	3°50'5.47"	32°24'14.52"	7/26/2013	I	0.87	2.32
FN-PSA	3°50'5.47"	32°24'14.52"	12/05/2015	I	0.91	2.53

Discussion

This study increases the geographic distribution and brings new insights into of the larvae of *Naushonia* sp., as they were found in pelagic environments of the Equatorial Atlantic for the first time. The genus *Naushonia* Kingsley 1897 contains 14 species (Table 2). Of these, *N. crangonoides*, *N. portoricensis*, *N. augudrea* (Juarrero & García 1997) and *N. manningi* Alvarez, Villalobos & Iliffe 2000 occur in the Caribbean and in the northwestern Atlantic (Anker 2014). The only record of the larvae of the genus *Naushonia* in the South Atlantic is based on plankton samples taken in a coastal area that ranges from Bahia State (Brazil) to Rio de Janeiro (Fernandes & Bonecker 2008). There are very few records for adults and larvae of this genus worldwide (Table 2). The larvae recorded in this study are probably of a new species (see three hypotheses below). It differs from the larvae of *N. crangonoides* and *N. portoricensis* in terms of development and setation of appendages (Gurney & Lebour 1939; Goy & Provenzano 1978)

The taxonomic status of the *Naushonia* sp. larvae described in the present study may be explained by three mutually excluding hypotheses:

A.) New species. According to this very likely hypothesis, the Zoa I larvae described in this study belong to a new species. The Zoa I larvae of *Naushonia* sp. in this study were different from the two descriptions of Zoa I already published for other species of the genus (Gurney & Lebour 1939, Goy & Provenzano 1978). Based on the extremely restricted geographical distribution of 14 *Naushonia* species (Table 2), with mostly endemic species, coupled with restricted and very shallow habitats (Table 2), it is very likely that the new larval morphotype recorded in this study belongs to a species that was not yet described.

B.) Another possibility is that this larval morphotype belongs to the same (not yet described) species that was recently sampled as Zoa larvae along the Brazilian coast by Fernandes & Bonecker (2008). However, these authors did not sample any Zoa I, which hampers a direct comparison between their Zoa II and III larval morphotypes and the larvae collected in this study. This hypothesis cannot be totally ruled out until the dissection of more advanced Zoa from Fernando de Noronha, or the description of a Zoa I sampled at the Brazilian coast.

C.) Finally, this new larval morphotype could belong to a species that has been described as an adult in another geographical area, with hitherto undescribed larvae. According to this last, less likely hypothesis, these larvae would belong to one of the two species that occur in the Caribbean, that have not yet a published larval description (*N. augudrea* Juarrero & García 1997 and *N. manningi* Alvarez, Villalobos & Iliffe 2000). The possibility that our Zoa I larvae belong to one of these two species cannot be ruled out, even though most *Naushonia* species from shallow water habitats in this region have a very restricted distribution.

The distribution of species abundances in tropical oceans usually follows a common pattern, where a small percentage of species show high abundances while many species are represented by very low abundances and low frequency of occurrence (rare species) (Hoogenboom *et al.* 2015; Lira *et al.* 2017). The low abundance of rare species is largely considered as to increase their risk of extinction and, therefore, areas of high endemism that support species that are rare as well as have restricted geographic distributions are widely recognized as priority areas for conservation (Maurer 1990; Johnson 1998; Hoogenboom *et al.* 2015; Lira *et al.* 2017).

This study contributes to the knowledge of the decapod fauna of the oceanic islands of the Equatorial Atlantic, and may provide useful information for the conservation of this group in this region, which contains several protected areas. These isolated offshore environments must be studied thoroughly, since they play a significant biogeographic role, contributing to the dispersal and permanence of these decapods and many other species. Oceanic islands are considered as oases in the middle of an oligotrophic ocean. Nevertheless, studies on decapods of these island ecosystems are still very deficient, which is supported by the discovery of a new morphotype (probably a new species) of *Naushonia* sp., that underlines the urgent need for further studies in these important hotspots under multiple threats.

Acknowledgements

This study was supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Ph.D. fellowship awarded to the first author; CNPq, undergraduate fellowship awarded to the second author and CNPq, productivity grant awarded to the last author). This study is part of the CARECOS project (FACEPE Grant no. APQ-0074-1.08/11) and was supported also of the INCT AmbTropic project (CNPq/FAPESB Grants 565054/2010-4 and 8936/2011).

Table 2 Geographic and bathymetric distribution of *Naushonia* spp.. Adaptated from Anker (2014).

Species	Geographic distribution	Bathymetric distribution (adult form)	Bathymetric distribution (larval form)	Habitat (adult form)	References
<i>Naushonia augudrea</i> Juarrero & Garcia (1997)	Caribbean: Cuba	not described	not described	Anchialine caves	Juarrero <i>et al.</i> (1997); Anker (2014)
<i>Naushonia carinata</i> Dworschak, Marin & Anker 2006	Western Pacific: Vietnam, Philippines, Indonesia, Japan	not described	not described	Intertidal and shallow subtidal, presumably in burrows of callianassid ghost shrimp	Dworschak <i>et al.</i> (2006), Anker <i>et al.</i> (2015), Komai & Anker (2015)
<i>Naushonia cangronoides</i> Kingsley 1897	Western Atlantic: Massachusetts to North Carolina, USA	14 m	not described	Intertidal to subtidal sand and mud	Kingsley (1897); Langton & Brodeur (1978); Goy & Provenzano (1978, 1979); Heard <i>et al.</i> (2007)
<i>Naushonia draconis</i> Anker 2014	Caribbean: Guadeloupe and Cuba	11-16 m	not described	coral reef, rubble	Anker (2014), Komai & Anker (2015)
<i>Naushonia japonica</i> Komai 2004	Northwestern Pacific: Japan	5-7 m	not described	Shallow subtidal sand flats	Komai (2004)
<i>Naushonia lactoalbida</i> Berggren 1992	Indo-west Pacific: Mozambique, Japan, Indonesia, Papua New Guinea	5- 8 m	not described	Intertidal and shallow subtidal	Komai (2004), Anker <i>et al.</i> (2015), Komai & Anker (2015)
<i>Naushonia latimana</i> Komai & Anker 2010	Indo-West Pacific: Comoro Islands	2-3 m	not described	Subtidal: sand and under rocks	Komai & Anker (2010)

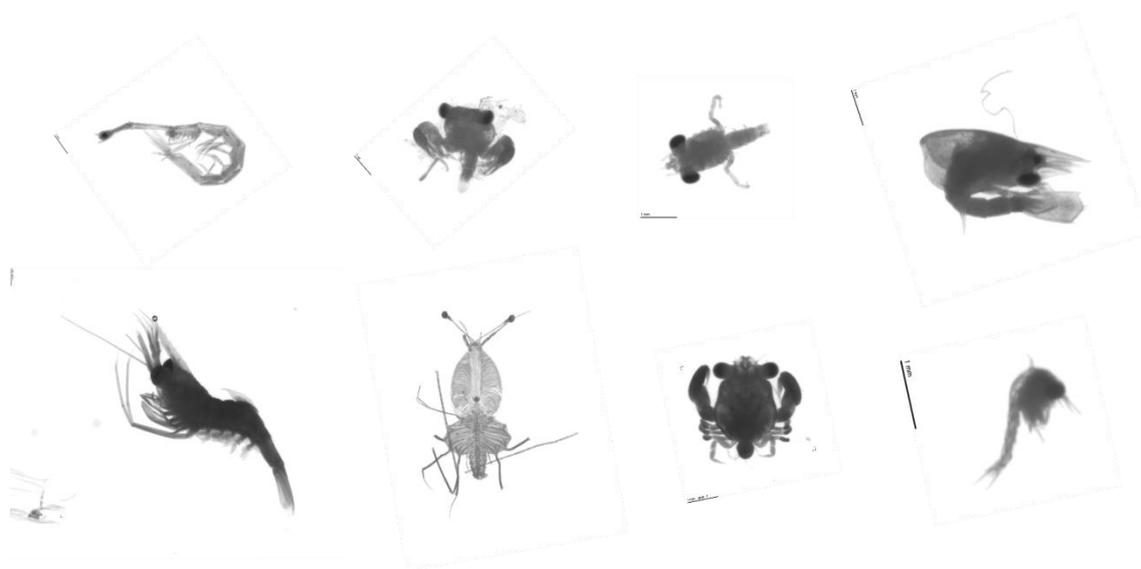
<i>Naushonia macginitiei</i> (Glassell 1938)	Eastern Pacific: California, Mexico, Costa Rica	4-12 m	not described	Subtidal: sand, mud, eelgrass beds	Goy & Provenzano (1979); Sirota & Martin (2005)
<i>Naushonia manningi</i> Alvarez Villalobos & Iliffe 2000	Caribbean: Bahamas	not described	not described	Anchialine caves	Alvarez <i>et al.</i> (2000); Dworschak <i>et al.</i> (2006)
<i>Naushonia palauensis</i> Alvarez, Villalobos & Iliffe 2010	Indo-west Pacific: Palau (Micronesia)	20 m	not described	Subtidal: marine cave	Alvarez <i>et al.</i> (2010); Anker (2014)
<i>Naushoniapa namensis</i> Martin & Abele 1982	Eastern Pacific: Panama	not described	not described	Intertidal, mudflat off mangroves	Martin & Abele (1982)
<i>Naushonia perrieri</i> (Nobili 1904)	Indo-west Pacific: Gulf of Aden	not described	not described	Intertidal, sand under rocks/rubble	Goy & Provenzano (1979); Ngoc-Ho (1996)
<i>Naushonia portoricensis</i> Rathbun 1901	Western Atlantic and Caribbean: Puerto Rico, Dominican Republic, Cuba, Mexico, French Antilles, possibly also in Bermuda (larval material of Gurney & Lebour 1939).	0.5-1 m	no described	Intertidal and shallow subtidal; on sand or mixed sand-rubble bottoms, under large rocks and coral rubble.	Goy & Provenzano (1979); Komai & Anker (2010, 2015); Dworschak <i>et al.</i> (2006); Anker (2014)
<i>Naushonia serratipalma</i> Komai & Anker 2010	Indo-west Pacific: French Polynesia and Saudi Arabia	0-2 m	not described	ilt-sand flat with coral rubble, living corals, under coral, near small young mangrove	Komai & Anker (2010, 2015); Anker (2014)

<i>Naushonia</i> sp. 1 (reported as Laomediidae)	Mediterranean and Adriatic Seas		undescribed species		D'Udekemd'Acoz (1999)
<i>Naushonia</i> sp. <i>Naushonia</i> sp. (possibly undescribed species)	Indo-west Pacific: Japan Western Atlantic: Brazil (Bahia to Rio de Janeiro)	not described not described	5-10 m 0-200 m	not described not described	Konishi (2001) Fernandes & Bonecker (2008) (as <i>Naushonia</i> sp.)
<i>Naushonia</i> sp. (possibly undescribed species)	Western Atlantic: Brazi, Fernando de Noronha Archipelago		Subsurface (0 - 0.6m)		Present study

9 CAPÍTULO IV:

BIOVOLUME E ESPECTRO DE TAMANHO DO ZOOPLÂNCTON NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, COM ÊNFASE EM DECAPODA

Decápodes planctônicos escaneados com o Zooscan.



Fonte: Simone Lira

REVISTA:

Journal of Marine Systems

SITUAÇÃO:

Artigo em fase de tradução para o inglês

Resumo

Neste estudo foi descrita pela primeira vez a contribuição em biovolume e os espectros de tamanho do zooplâncton total com ênfase em decápodes em um ambiente insular do Oceano Atlântico tropical. A amostragem foi realizada entre Julho e Agosto de 2010 no Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) em seis estações distribuídas em dois transectos (a montante e a jusante) da ilha e em períodos diurno e noturno. Os arrastos foram realizados oblíquos e através de bongo 500 μm até profundidades de 150 m. As amostras foram analisadas através do escaneamento com o ZooScan. Perfis hidrológicos e os vetores das correntes também foram descritos. Os dados de clorofila *a* foram considerados altos e o seu pico a jusante indicaram um efeito-ilha. Foram registrados 51 táxons zooplanctônicos, onde a abundância total apresentou uma média 10,9 ind. m^{-3} e biovolume 36,23 $\text{mm}^3 \text{m}^{-3}$. Para os Decapoda foram registrados 25 táxons, o grupo mais abundante foi representado pelo total dos Peneaiodea (1,44 e 2,20 % de abundância relativa a montante e a jusante da ilha). A abundância total de Decapoda apresentou uma média de 0,33 ind. m^{-3} e biovolume de 6,6 $\text{mm}^3 \text{m}^{-3}$. Foram observados dois agrupamentos para a comunidade de Decapoda, um relacionado à montante da ilha (Sergestidae, Paleomonidae morfotipo 1, Brachyura 1 e Achelata) e outro à jusante (Brachyura, Alpheidae, Anomura, Stenopodidae e Callianassidae) (RDA $p < 0,05$). A distribuição de tamanhos (diâmetro esférico equivalente, ESD) do macrozooplâncton total foi de 0,29 até 16,72 mm ESD, enquanto que os decápodes apresentaram sua distribuição a partir de 0,49 mm ESD. Os valores de biovolume de Decapoda se destacaram dentro da comunidade. Na região a jusante da ilha foram agrupadas as larvas de espécies bentônicas, mostrando os grupos associados ao “efeito ilha larval” e dessa forma mostrando uma contribuição larval de decápodes para as teias tróficas pelágicas, atribuídas às populações parentais bentônicas das encostas insulares. Enquanto que a montante, onde os ventos e correntes são mais intensos houve a contribuição de decápodes holoplanctônicos e fases avançadas de filossomas.

Palavras-chaves: macrozooplâncton; larvas de Decapoda; efeito ilha; ilhas oceânicas tropicais; ZooScan

1. Introdução

Muitos organismos pelágicos contribuem para a bomba biológica de carbono em regiões oceânicas, e podem transportar verticalmente matéria orgânica em forma de partículas desde a superfície até camadas mais profundas da coluna d'água (92% da área oceânica) (Hidaka et al., 2001, Schukat et al., 2013; Ariza et al., 2016; Dai et al., 2016). Como exemplo, os crustáceos Decapoda que fazem migração vertical diurna, transportam a matéria orgânica para as zonas mesopelágicas, assumindo muitas vezes, o papel dos principais produtores secundários desses ambientes (Foxton, 1970 a,b; Ariza et al., 2016). Devido à sua importância na exportação de carbono, esses organismos têm sido alvo de vários estudos (e.g. Schukat et al., 2013; Ariza et al., 2016).

Os decápodes podem representar cerca de 50% da biomassa planctônica total (McConaugha, 1992) e os grupos maiores (2-10 cm) apresentam relevante contribuição na camada pelágica desde regiões oceânicas subpolares até regiões tropicais (Omori, 1974; Judkins, 2014). Este grupo é o mais diversificado dentro dos crustáceos, apresentando mais de 18.000 espécies (Martin & Davis, 2001; De Grave et al., 2009; Ahyong et al., 2011) e, dessa forma, proporcionam uma elevada e significativa importância ecológica nas cadeias alimentares marinhas (Lindley et al., 2010). Dentro da teia trófica, os decápodes são bastante representativos por ocuparem vários níveis tróficos (Omori, 1974; McConaugha, 1992). Alguns estudos destacam que os decápodes são responsáveis por se alimentar de grande quantidade de copépodes calonóides (Schukat et al. 2013) e também podem ser presas de grandes animais pelágicos planctívoros, como os tubarões baleia *Rhincodon typus* (Smith 1828) (Meekan et al., 2009; Rohner et al., 2015) e várias espécies de peixes comercialmente importantes (Smale, 1992; Karuppasamy et al., 2006). Assim, esse grupo constitui uma ligação fundamental entre o zooplâncton de menor tamanho até os níveis tróficos superiores nos ecossistemas pelágicos (Omori, 1974; McConaugha, 1992).

Os espectros de tamanho do plâncton foram nomeados como descritores sintéticos da estrutura e funcionamento da comunidade planctônica (Glazier, 2005). Os resultados do espectro de tamanho intra-individual (metabolismo, crescimento, morte natural) e processos inter-individuais (predação, pastagem, reprodução), conduzem a transferência de energia a partir do menor organismo para o maior dentro de uma comunidade planctônica (Vandrome et al., 2012). Os conjuntos de dados fornecidos

através dos espectros de tamanho podem ser usados para monitorar o estado dos ecossistemas ou para avaliar os fluxos de energia dentro do mesmo (Krupika et al., 2012; Vandrome et al., 2012). Este tipo de estudo têm sido amplamente realizado ao longo dos últimos anos (Forest et al., 2012, Ohman et al., 2012, García-Comas et al., 2014, Dai et al., 2016, 2017) em áreas do Oceano Atlântico tropical e subtropical (Schultes et al., 2013; Marcolin et al., 2013; 2015 a,b; Silva et al., 2016).

O Arquipélago de Fernando de Noronha está inserido dentro do Oceano Atlântico em um sistema que apresenta uma termoclina permanente, sendo banhado por correntes associadas à Corrente Sul Equatorial (Travassos et al., 1999; Tchamabi et al., 2017). Alguns indícios de fator ilha foram observados em FN (e.g. Travassos et al., 1999; Cordeiro et al., 2013 e Tchamabi et al., 2017) e, recentemente, foram observados verdadeiros agregados planctônicos compostos de organismos gelatinosos e de crustáceos, com uma abundância planctônica bem maior quando comparada às regiões oceânicas circunvizinhas de FN (Vargas, 2017). Apesar disso, o conhecimento atual sobre os decápodes planctônicos ao redor FN é limitado, principalmente, às camadas superficiais, com estudos que forneceram descrições da composição e abundância dos organismos ao redor da ilha (Lira et al., 2014; 2017 a,b; Santana et al., não publicado). Apesar da importância do grupo e do local de estudo, a contribuição em tamanho e biovolume dos decápodes ainda não foi quantificada para a comunidade planctônica.

Para testar a hipótese de que existe diferença entre as áreas à jusante e à montante da ilha em relação à abundância e biovolume do zooplâncton com ênfase nos decápodes planctônicos. Esse estudo descreveu a hidrografia e a influência das correntes associadas aos dois lados da ilha desde a superfície até profundidades de 150 metros na região do Arquipélago de Fernando de Noronha.

2. Material e métodos

2.1 Coletas dos parâmetros hidrológicos

Ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha (Oceano Atlântico Oeste), no período de 30 de julho a 03 de agosto de 2010, foram realizadas coletas a bordo do Navio Oceanográfico "Cruzeiro do Sul/ H38", ao longo de dois transectos (um a montante e outro a jusante da ilha) (Fig. 1). Em cada estação de coleta, foram amostrados perfis de profundidade, temperatura e salinidade utilizando um CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) *Sea-Bird SBE 911 plus* e perfis de fluorescência, utilizando um fluorímetro calibrado e acoplado ao CTD, para a determinação da clorofila *a*. Ao longo de todo o trajeto do navio, também foi realizada uma perfilagem contínua de velocidade das correntes obtida com o auxílio de um *ADCP RD Instruments Broadband* de 75 kHz (ADCP de casco) que perfilavam até 600 m. A direção e posição dos pontos de coleta foram obtidas pelo GPS do navio e utilizadas para calcular as correntes.

2.2 Coleta de zooplâncton

Dezesseis estações foram amostradas para a coleta de plâncton em três distâncias da ilha (uma mais próxima da ilha, uma mais longe e outra intermediária) ao longo dos dois transectos (Fig. 1). Em cada distância, foram realizadas amostragens diurnas e noturnas, através de arrastos oblíquos, de 0 a 150 m de profundidade, com uma rede de plâncton cônica do tipo bongo (abertura da boca 0,6 m de diâmetro e malha 500 μm). Um fluxômetro *Hydro-Bios* foi acoplado na entrada da rede para estimar o volume filtrado. Todas as amostras foram fixadas com 4 % de formaldeído tamponado com tetraborato de sódio (0,5 g. L⁻¹).

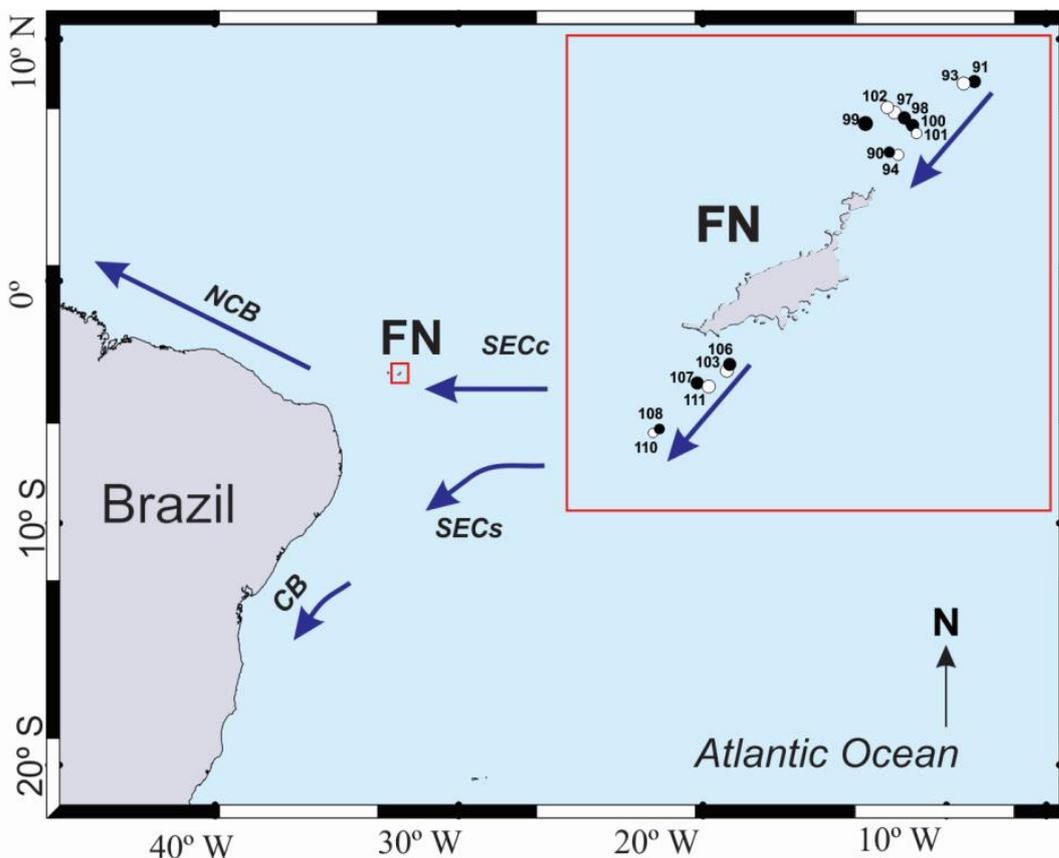


Fig. 1. Mapa do Oceano Atlântico Tropical, mostrando o Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) (caixa vermelha) e a Corrente Sul Equatorial com seus ramos central (SECc) e sul (SECs) e também a Corrente Norte do Brasil (NCB) e Corrente do Brasil (CB) (setas em azul). Em destaque: O Arquipélago de Fernando de Noronha com a representação dos vetores de correntes superficiais da data de coleta e que representam também os transectos de coleta. Os números e círculos são as estações de coleta, os pretos indicam estações noturnas e os círculos brancos são as estações diurnas.

2.3. Obtenção e análise de imagens do plâncton

A abundância e biovolume do zooplâncton e dos decápodes planctônicos foram calculados usando imagens digitais obtidas com o sistema semi-automático ZooScan (*Hydroptic*) e seu software associado, o Zooprocess. Em laboratório, após remoção do formaldeído, cada amostra foi peneirada em malha de 200 μm e dividida em duas frações, contendo indivíduos maiores e menores que 2000 μm , com o objetivo de obter uma melhor representação numérica da diversidade de tamanhos dos organismos (Gorsky et al., 2010).

Cada fração foi analisada em seu total ou fracionada em alíquotas de $\frac{1}{2}$ até $\frac{1}{8}$ usando um quarteador de amostras tipo Motoda (Motoda, 1959). Cada alíquota foi inserida no ZooScan, utilizando um *frame* de 15×24 cm para estabelecer os limites da área imageada, e os organismos separados manualmente por um tempo máximo de 20 min por amostra, com a finalidade de evitar a sobreposição de organismos e/ou partículas (Gorsky et al. 2010; Vandromme et al., 2012). As alíquotas contendo até 1.516 objetos foram digitalizadas a uma resolução de 2400 dpi. Uma imagem de fundo branco também foi escaneada com água destilada a cada quatro amostras digitalizadas para poder calibrar os tons de cinza do escaneamento.

2.4. Análises de dados hidrológicos

Os dados do CTD foram corrigidos através da eliminação de valores espúrios. Para detectar e eliminar estes erros foi adotado um filtro baseado no gradiente das propriedades. Foram eliminados os valores que se apresentaram superiores e inferiores ao valor de três vezes o desvio padrão de cada intervalo. Os dados foram analisados de cinco até 250 m de profundidade com os arquivos correspondentes aos de subida do CTD, enquanto que para os dados de correntes, foram analisados os perfis até 160 m de profundidade.

Com a finalidade de analisar a estrutura termohalina da coluna de água, foram desenvolvidas rotinas de visualização gráfica dos perfis de temperatura e salinidade entre 5 e 250 m de profundidade. Além disso, foram analisados perfis da Clorofila *a* na mesma faixa de profundidade, para identificar seus picos máximos. Para detectar as massas de água predominantes, foram elaborados Diagramas TS até profundidades de 600 m, e a densidade plotada no diagrama TS foi estimada pela equação de estado (UNESCO, 1981).

2.5. Análises de dados planctônicos

As imagens geradas pelo ZooScan foram processadas com o auxílio do software ZooProcess (<http://www.obs-vlfr.fr/LOV/ZooPart/ZooScan>) (Gorsky et al., 2010; Marcolin et al., 2013) e armazenadas em um banco de dados. Posteriormente, foi

construída uma base de treinamento (training sets), construído através da classificação manual de 150-200 imagens de cada grupo taxonômico, em nível de grandes grupos, com ênfase em Decapoda. A classificação das vinhetas foi realizada utilizando o algoritmo "random forest" (Gorsky et al. 2010) e posteriormente todas as vinhetas foram validadas manualmente (processo no qual as vinhetas que foram previamente classificadas de forma errada pelo software foram transferidas para uma nova pasta com a classificação correta pelo taxonomista) através do programa *Plankton Identifier* (Gorsky et al., 2010). Os parâmetros utilizados (diâmetro esférico equivalente-ESD, eixo maior e eixo menor) foram convertidos de pixels para micrômetros, usando a razão de 1,0 pixel: 10,58 μm (constante com a resolução do scanner de 2400 dpi) (Grosjean et al., 2004. Marcolin et al., 2013).

2.5.1 Abundância e biovolume de organismos planctônicos

As abundâncias do zooplâncton total (ind. m^{-3}), dos Decapoda (ind. 100 m^{-3}) e o biovolume dos organismos ($\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) foram calculadas de acordo com as fórmulas 1, 2 e 3. O cálculo do biovolume foi estimado através do volume elipsoidal (mm^3) e calculado com a fórmula 4 (Marcolin et al., 2013; Dai et al., 2016, 2017). O volume filtrado é a quantidade de água do mar filtrada pela rede de plâncton, contabilizado pelo número de rotações do fluxômetro, utilizado em todas as fórmulas dos parâmetros biológicos.

Fórmula 1 - Abundância total =
$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de organismos com o mesmo grupo taxonômico} \cdot \text{fator de diluição}}{\text{Volume filtrado}}$$

Fórmula 2 - Abundância Decapoda =
$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de organismos do mesmo grupo taxonômico} \cdot \text{fator de diluição}}{\text{Volume filtrado} (\cdot 100)}$$
.

Fórmula 3- Biovolume =
$$\frac{\text{Vol. de organismos do mesmo grupo taxonômico} \cdot \text{fração de diluição}}{\text{Volume filtrado}}$$

Fórmula 4- Volume =
$$(4/3 \cdot \pi) \cdot (\text{eixo maior}_{\text{mm}} / 2) (\text{eixo menor}_{\text{mm}} / 2)^2$$

2.5.2. Classes de Tamanho

As abundâncias de organismos foram calculadas por classe de tamanho em uma mesma escala (ind. m^{-3}) utilizando os valores em mm ESD. A primeira categoria utilizada

foi 0,29 mm, que é a menor categoria detectada com a resolução de 2400 dpi do ZoosScan. A partir desse valor, foram usadas 42 categorias de classes de tamanho que foi multiplicado pelo fator de multiplicação 1,1447. Esse fator multiplica pelo menos 1,5 do diâmetro e foi utilizado por Marcolin et al. (2015b).

2.6. Análises estatísticas

Nas análises dos dados foram usados os parâmetros biológicos densidade e biovolume total do zooplâncton e de Decapoda, assim como para os grupos condensados (Penaeoidea, Caridae total e Brachyura Megalopa total) e os 25 táxons de Decapoda registrados. Para testar possíveis diferenças entre abundância e biovolume dos táxons entre as regiões a montante versus a jusante da ilha e entre os períodos noturno versus diurno foi usada PERMANOVA.

A PERMANOVA testa diferenças na estrutura dos dados, comparando os grupos de estações de coleta formados pelos elementos do fator considerado. Utilizou-se o método de permutação de resíduos sob um modelo completo (“residuals under the full model”) com 9999 repetições (Anderson, 2001). Para testar os táxons um por um, utilizou-se uma matriz de distâncias euclidianas simples e para testar os efeitos dos fatores sobre a matriz de densidades de 19 táxons (> 3% de frequência), utilizou-se uma matriz de similaridade Bray-Curtis. Os dados de abundâncias foram log transformados ($x+1$).

Utilizou-se a função “adonis2” do pacote “vegan” (versão 2.4.0), dentro do ambiente e linguagem de programação “R”, versão 3.2.2 (R Core Team, 2015), com auxílio da interface de programação “RStudio”, versão 0.99.473 (RStudio Team, 2015). O nível de significância $p < 0,05$ foi considerado para rejeitar a hipótese de nulidade (Zar, 1996).

Para esclarecer se existiam diferentes comunidades de decápodes explicadas pelas variáveis ambientais foram aplicadas Análises de Redundância (RDA). Estas foram usadas para explicar a variabilidade da matriz de dados biológicos (matriz de dados de densidade e biovolume de decápodes planctônicos), utilizando a matriz de fatores espaço-temporais (distâncias da ilha, montante versus jusante, dia versus noite, local profundo versus local raso, noite versus dia, profundidade local e a profundidade da termoclina).

Para rodar a RDA, foram considerados os táxons que mostraram no mínimo uma frequência de ocorrência de 3%. Os dados biológicos foram trabalhados com a

transformação de Hellinger (Legendre e Gallagher, 2001). Os fatores espaço-temporais não-numéricos (distancias da ilha, montante versus jusante, dia versus noite, local profundo versus local raso, noite versus dia) foram transformados em variáveis “dummy”, que são representadas por 1 e 0. Variáveis não significativas ($p > 0,05$) foram excluídas da matriz com dados ambientais, em um procedimento step-by-step, usando testes de permutação Monte Carlo com 9999 permutações e também foram consideradas as colinearidades entre variáveis (Ter Braak e Smilauer, 2002). Foram gerados gráficos (triplots) de ordenação canônica com as variáveis significativas ($p < 0,05$). Para estas análises foram seguidas as recomendações de Legendre e Legendre (1998) e Legendre e Gallaghe (2001), realizadas no programa CANOCO (versões 4.5) (Ter Braak e Smilauer, 2002).

3. Resultados

3.1. Hidrologia

Os transectos a montante e a jusante da ilha de Fernando de Noronha (FN) apresentaram pequenas variações de temperatura e salinidade e maiores variações entre as concentrações de clorofila *a*, principalmente em relação à camada de mistura (Fig. 2). Os valores gerais de temperatura foram semelhantes entre os dois lados da ilha. A montante (Upstream) (Fig. 2 a), o perfil de temperatura variou de 27,1 °C na superfície até 12,2 °C em 250 m e a termoclina foi definida entre 70 e 120 m. A jusante da ilha (Downstream) (Fig. 2 b), o perfil variou de 27,07 °C na superfície até 12,4 °C a 250 m de profundidade, com a termoclina definida entre 100 e 110 m.

De forma equivalente, a salinidade acompanhou as variações de temperatura. A montante (Fig. 2 a), o perfil de salinidade variou de 36,19 na superfície até 35,17 em 250 m, enquanto que a jusante variou de 36,16 até 35,20 (Fig. 2 b). A haloclina permaneceu entre as profundidades de 80 a 110 m em ambos os lados da ilha. O perfil da clorofila *a* apresentou uma grande variação em relação a montante e a jusante da ilha (Fig. 2). O valor máximo foi registrado entre 75 e 90 m de profundidade a jusante da ilha, com valores acima de 2,0 mg.m⁻³, enquanto que a montante, o valor máximo de clorofila *a* foi aproximadamente 1,0 mg.m⁻³ em profundidades próximas aos 90 m.

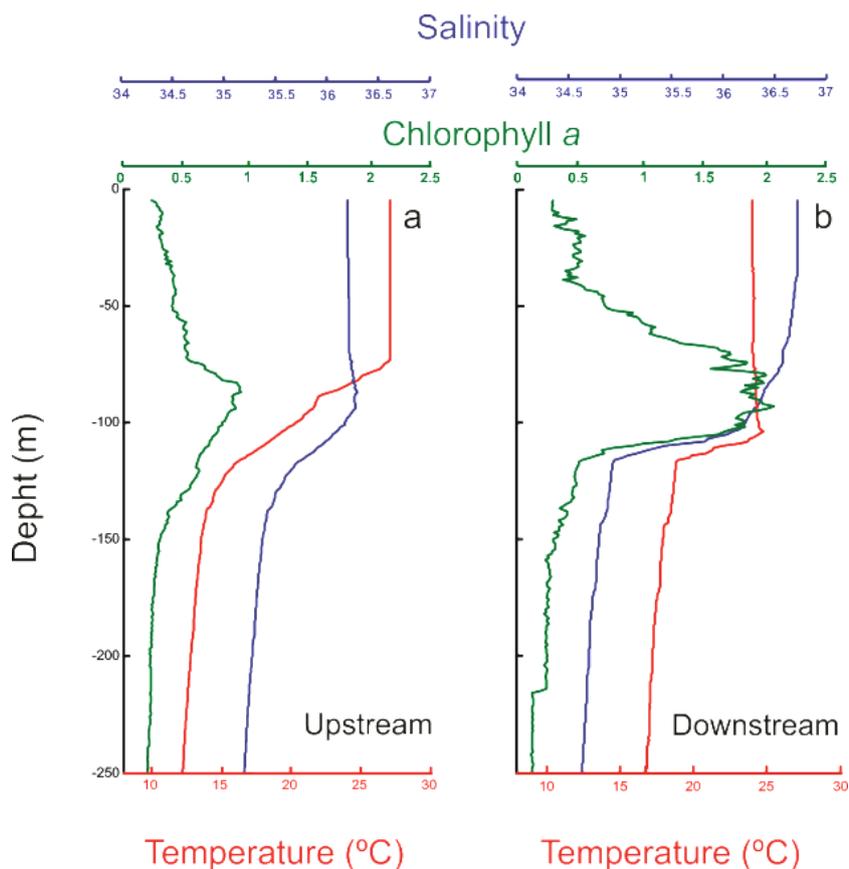


Fig. 2. Perfis médios de temperatura, salinidade e clorofila *a* do Arquipélago de Fernando Noronha entre Julho e Agosto de 2010 a. a montante da ilha e b. a jusante da ilha.

Em FN foi observada a presença de três massas d'água, como pode ser ressaltado no diagrama T/S entre zero e 600 m de profundidade (Fig. 3): A Água Tropical Superficial (ATS) com salinidades $> 35,5$ e temperaturas > 20 °C; A Água Central do Atlântico Sul (ACAS), com salinidade de 35,5 a 36,4 e temperaturas variando de 12 a 20° C e a Água Intermediária do Atlântico (AIA) que foi identificada em maiores profundidades, com menores valores de salinidade (< 35) e de temperatura (< 7 °C) apenas registrada para a região a montante da ilha nos perfis coletados.

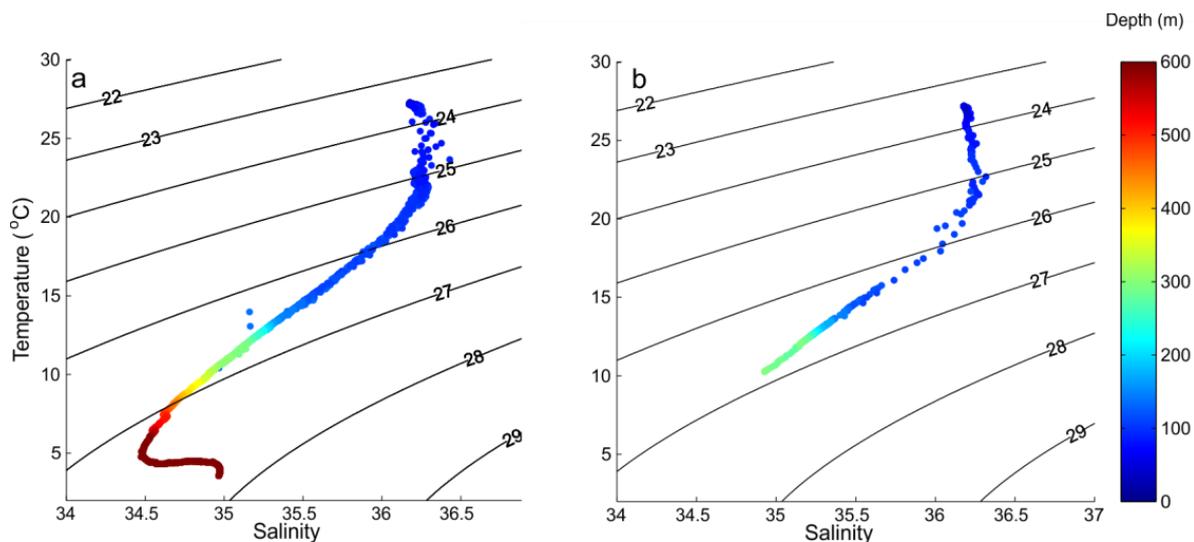


Fig. 3. Diagrama T-S do Arquipélago de Fernando de Noronha, Julho-Agosto de 2010. As cores representam as profundidades dos diferentes perfis de água. a. a montante da ilha e b. a jusante da ilha.

Os vetores das correntes superficiais permaneceram no sentido Nordeste (a montante) para Sudoeste (a jusante) da ilha (Figura 4 a, b), até uma profundidade aproximada de 60 m. Esses vetores de correntes corresponderam a Corrente Sul Equatorial central (CSEC). A partir de 80 m, os vetores das correntes mudaram de sentido e permaneceram de Sudoeste para Nordeste (Figura 4 c, d), correspondente à Contra Corrente do Atlântico Equatorial (CCSE).

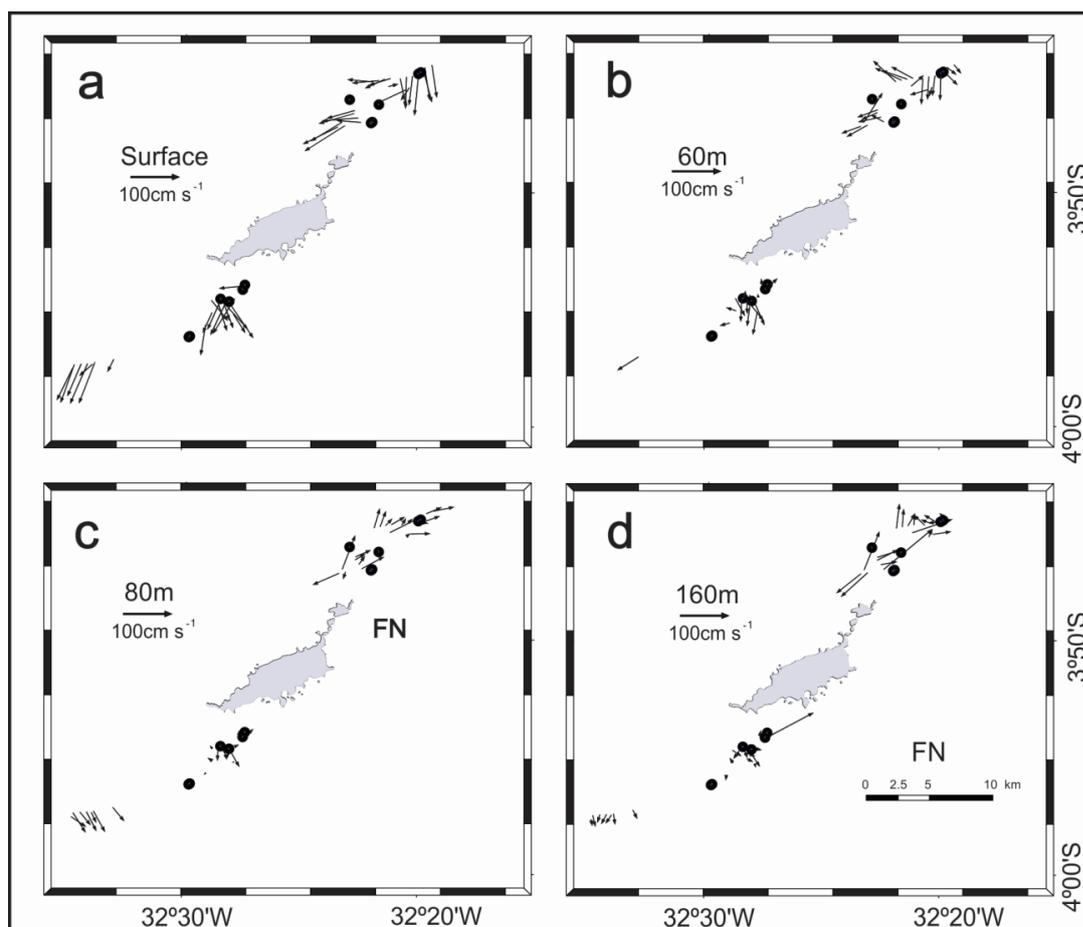


Fig. 4. Vetores de correntes no Arquipélago de Fernando de Noronha entre Julho e Agosto de 2010. a. Vetores de superfície, b. Vetores aos 60 metros de profundidade, c. Vetores aos 80 metros de profundidade, d. Vetores aos 160 metros de profundidade.

3.2. Abundância e biovolume total de organismos zooplanctônicos

A abundância total de zooplâncton variou de 3,92 a 32,24 ind. m^{-3} , apresentando uma média $10,91 \pm 7,21$ ind. m^{-3} para a jusante e a montante de FN (Fig. 5a). Para os Decapoda, a abundância total variou de 4,75 a 57,31 ind. $100 m^{-3}$, apresentando uma média de $19,02 \pm 13,95$ ind. $100 m^{-3}$ (Fig. 5b). As abundâncias totais do zooplâncton e de Decapoda foram uniformemente distribuídas entre as duas regiões do Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) e entre os períodos noturno e diurno (Permanova; $p > 0,05$; Fig. 5).

O biovolume total do zooplâncton variou de 6,8 a 113,1 $\text{mm}^3 \text{m}^{-3}$, com uma média de $36,2 \pm 30,78$ (Fig. 5c), enquanto que o valor de biovolume total de Decapoda variou de 0,51 até 33,55 $\text{mm}^3 \text{m}^{-3}$ e apresentou uma média de $6,57 \pm 8,78$ (Fig. 5d). Os valores de biovolume também não foram significativos (PERMANOVA; $p > 0,05$).

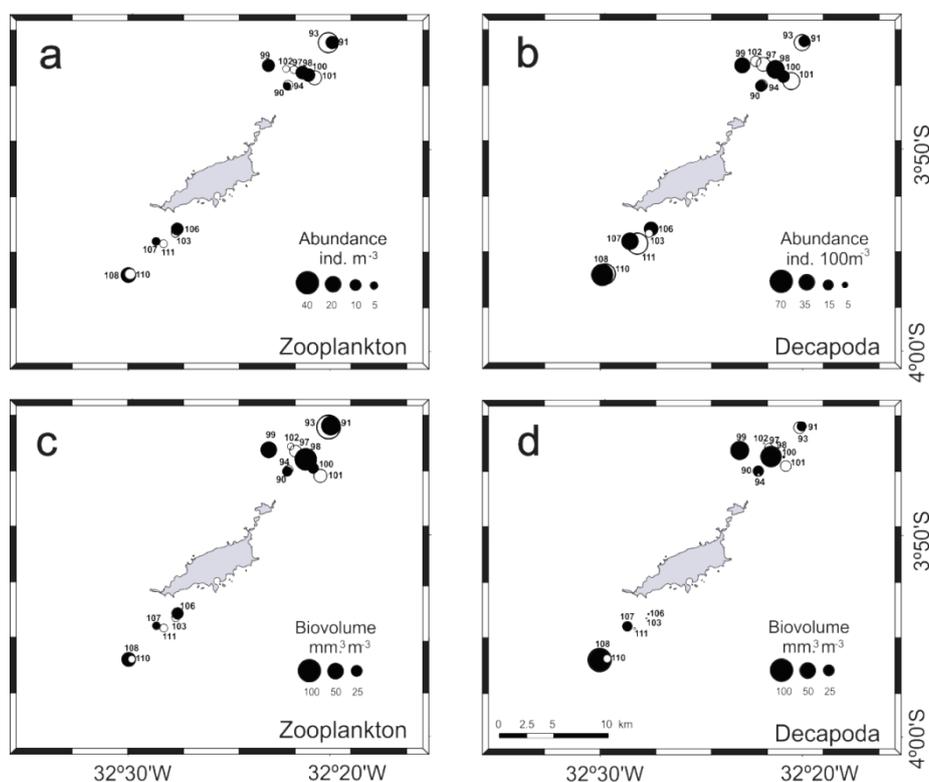


Fig. 5. Abundância e biovolume total do zooplâncton amostrado com rede bongo (malha de 500 μm) entre 0-150 m ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha (Julho-Agosto de 2010). a. Abundância do zooplâncton total; b. Abundância de Decapoda total; c. Biovolume do zooplâncton total; d. Biovolume de Decapoda total.

O zooplâncton foi representado por 51 táxons classificados em seis filos: Cnidaria, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Chaetognatha e Chordata (Fig. 6). Destes 51 táxons, 26 foram numericamente mais abundantes e distribuídos ao longo dos pontos amostrados (Fig. 6). Os maiores contribuintes em abundância foram os Copepoda da Ordem Calanoida com valores que chegaram até 80,44 % em uma amostra diurna e à montante de FN. As larvas e ovos de Teleostei juntos chegaram a contribuir com cerca de 30% em amostras a jusante da ilha independente do horário do dia. Outros organismos que se destacaram foram os Chaetognatha, atingindo cerca de 20% em várias estações diurnas e noturnas, enquanto os Euphausiacea foram observados principalmente em

amostras noturnas representando mais de 15% em amostras a montante da ilha. Outros táxons abundantes foram os ovos de invertebrados, Gastropoda, Cnidaria e o total de Decapoda (Fig. 6).

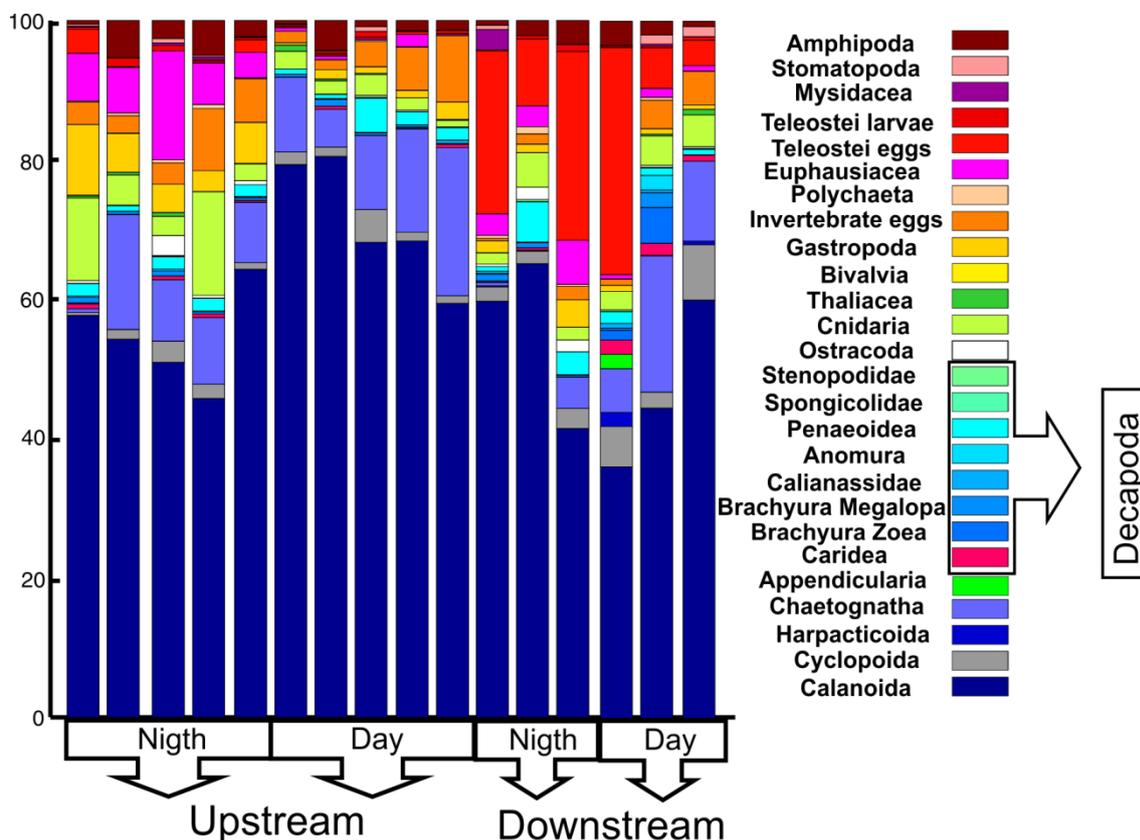


Fig. 6. Abundância relativa (%) do zooplâncton coletado com bongo (malha de 500 µm) entre 0-150 m ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha (Julho-Agosto de 2010).

Ao observar os grupos juntos a montante e a jusante das ilhas (Fig. 7), os Calanoida representaram 64,44 e 47,95% a montante e a jusante de FN, respectivamente, seguidos de Chaetognatha-outros (8,14%) e ovos de invertebrados (4,05%) a montante, e ovos de Teleostei (20,78%) e Chaetognatha-outros (4,60%) a jusante da ilha. Os dois transectos apresentaram grupos similares quanto à abundância de organismos planctônicos, com exceção dos ovos de Teleostei, que foram mais abundantes a jusante da ilha.

Em relação ao biovolume, os táxons que mais contribuíram com o biovolume a montante da ilha foram Calanoida, *Flaccisagitta* sp. e Achelata, com 27%, 13% e 15% ,

respectivamente e a jusante da ilha os táxons que mais contribuíram para o biovolume foram Calanoida (37%), larvas de Teleostei (9%).

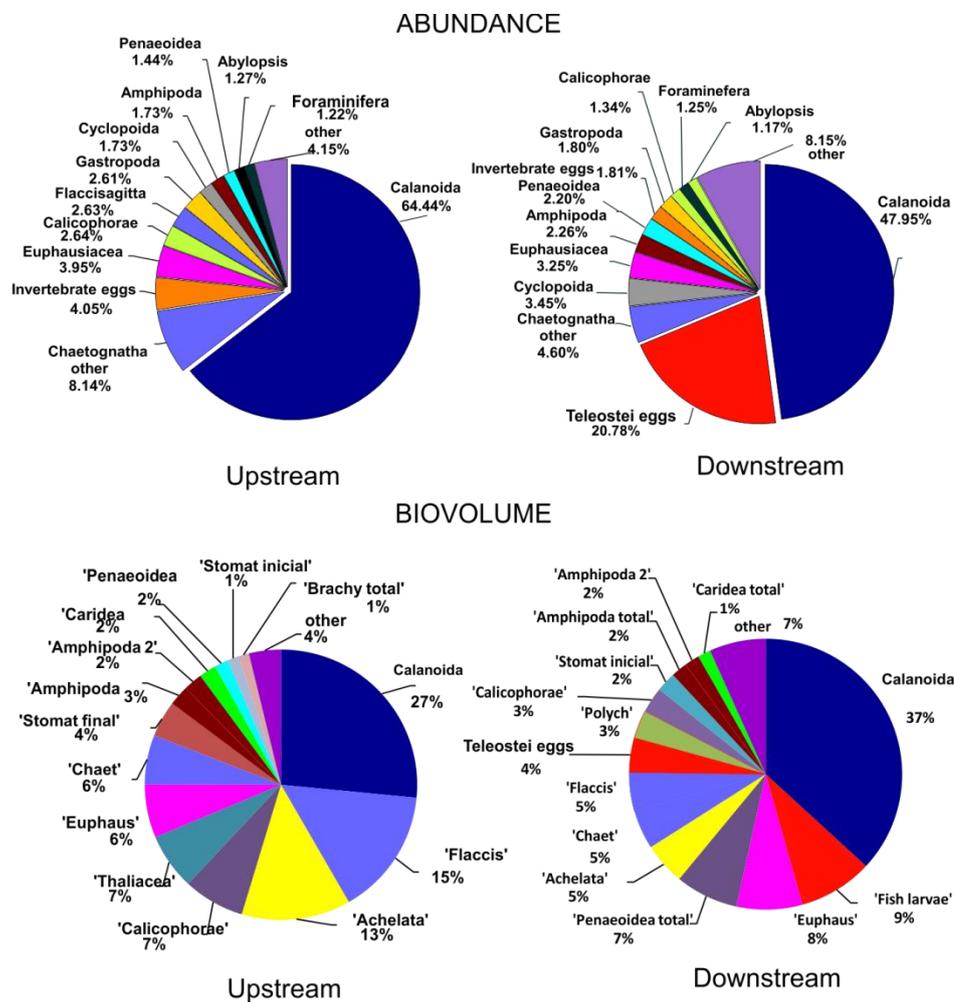


Fig. 7. Abundância relativa e Biovolume relativo (%) do zooplâncton coletado com bongo (malha de 500 μ m) entre 0-150 m ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha (Julho-Agosto de 2010). A montante (Upstream) e a jusante (Dowstream) da ilha.

3.3. Decápodes planctônicos

Os Decapoda estiveram representados com 3,03% da abundância total de zooplâncton e 16,25 % do biovolume. O grupo mais abundante de Decapoda foi a superfamília Penaeoidea (famílias Luciferidae, Sergestidae, Solenocera, Penaeidae, Sicyoniidae e Benthescymidae) que contribuiu com 1,44 e 2,20% a montante e a jusante da ilha, respectivamente (Fig. 8). Os grupos megalopas de Brachyura total, Caridea total e

Callianassidae representaram 0,44, 0,23 e 0,12% a montante respectivamente, e 0,60, 0,65 e 0,20% à jusante da ilha. Alguns grupos de Decapoda apresentaram valores significativamente mais elevados à jusante, para a abundância e para o biovolume (PERMANOVA; $p < 0,05$; Fig. 9). Valores de abundância foram significativamente maiores a jusante para Alpheidae, zoeas de Brachyura e outras megalopas de Brachyura. Os valores de biovolume foram significativamente maiores para zoeas de Alpheidae, zoeas de Brachyura e Anomura, a jusante de FN (PERMANOVA; $p < 0,05$; Fig. 9).

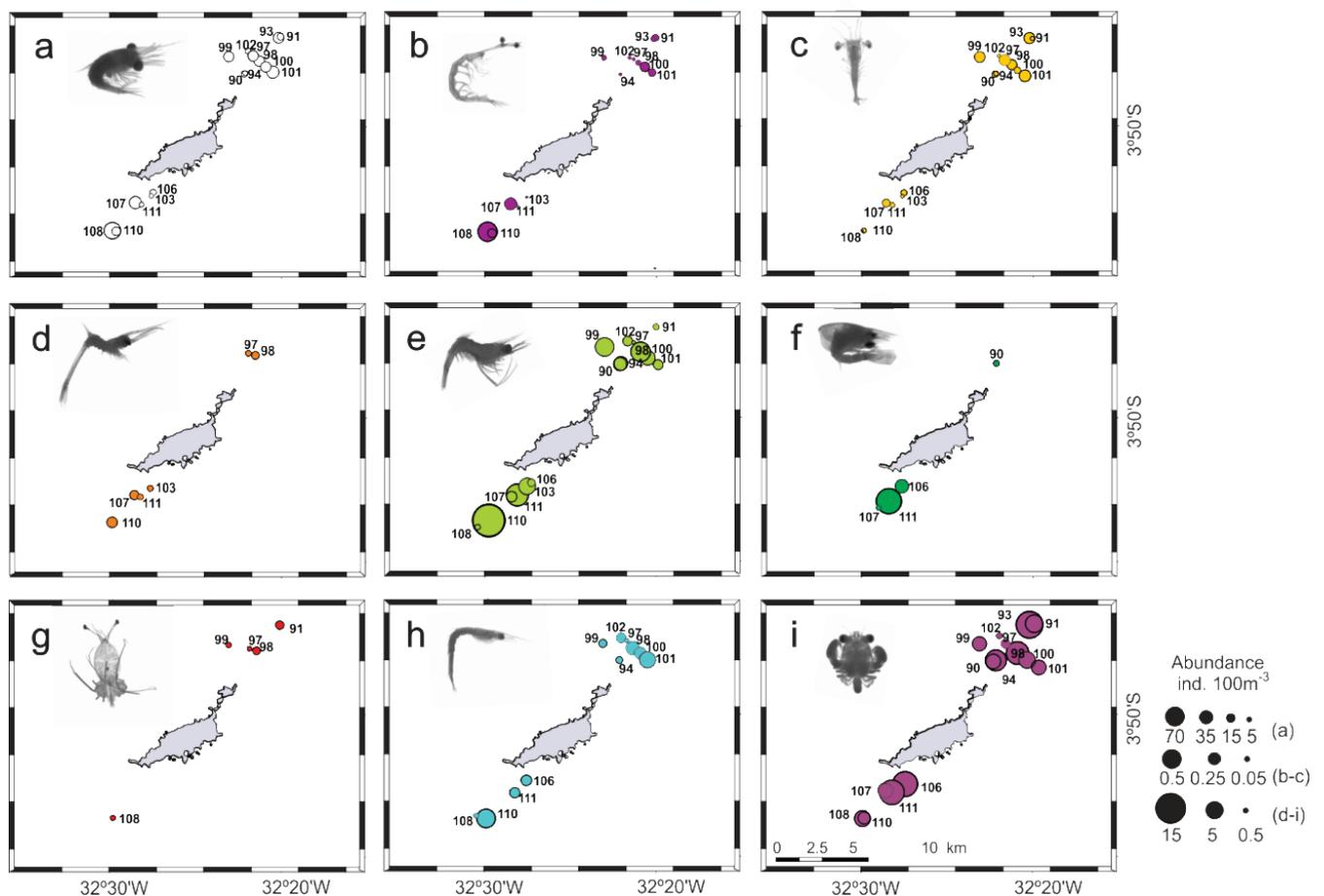


Fig. 8. Abundância dos principais grupos de Decapoda amostrados com bongo (malha de 500 μm) entre 0-150 m ao redor do Arquipélago de Fernando de Noronha (Julho-Agosto de 2010). a. Penaeoidea -total; b. Luciferidae; c. Sergestidae; d. Stenopodidae; e. Caridea total; f. Anomura; g. Achelata; h. Callianassidae; i. Brachyura megalopa total.

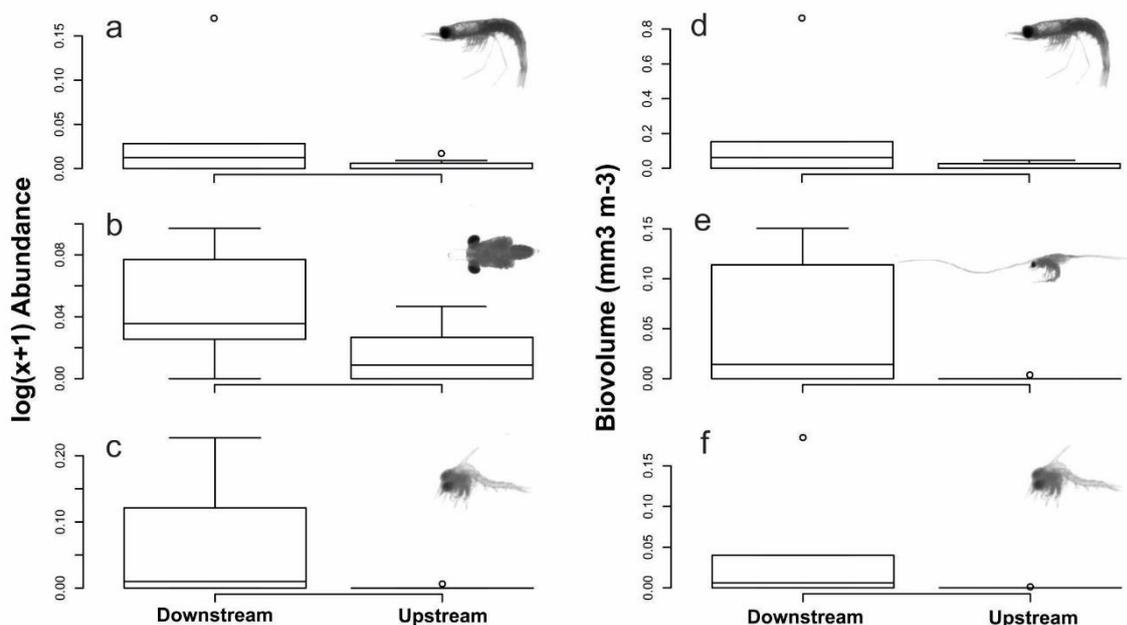


Fig. 9. Box-plot da abundância (primeira coluna) e biovolume (segunda coluna) dos grupos de Decapoda amostrados com bongo (malha de 500 μm) entre 0-150 m no Arquipélago de Fernando de Noronha (julho-agosto de 2010) que apresentaram valores significativos entre a jusante e a montante. Abundância: a. Alpheidae; b. Brachyura megalopa outros; c. Brachyura zoea; Biovolume: d. Alpheidae; e. Anomura; f. Brachyura zoea. A montante (Upstream) e a jusante (Downstream) da ilha.

A comunidade de Decapoda foi constituída por 25 grupos taxonômicos. A RDA explicou 22% da variação dos dados de Decapoda pelas variáveis espaciais (RDA; $p < 0,05$) baseado em dados de abundância e 23% pelo biovolume (Fig. 10). Foi possível descrever dois vetores de agrupamento para essa comunidade (Fig. 10), um que separa montante-jusante (região superior e inferior do gráfico Triplot; Fig. 10); e outro em relação à profundidade local (região esquerda do gráfico Triplot; Fig. 10). Na porção superior do eixo correspondente ao lado a montante da ilha foram agrupados os Sergestidae, Paleomonidae morfotipo 1, megalopas de Brachyura do morfotipo 1 e filossomas avançadas de Achelata. Na porção inferior a este agrupamento foram observadas as amostras associada à região com uma influência da topografia da ilha (à jusante), com maior destaque para as zoeas e outras megalopas de Brachyura, Alpheidae, Anomura, Stenopodidae e Callianassidae. O terceiro grupo foi diferenciado entre para

abundância e o biovolume. A biomassa apresentou um grupo associado à profundidade representado pelos táxons *Luciferidae* e filossomas avançadas de *Achelata*, para o biovolume, pode ser observado um agrupamento em relação à profundidade da termoclina, onde foram agregados os táxons *Callianassidae* e megalopa de *Brachyura* morfotipo 1.

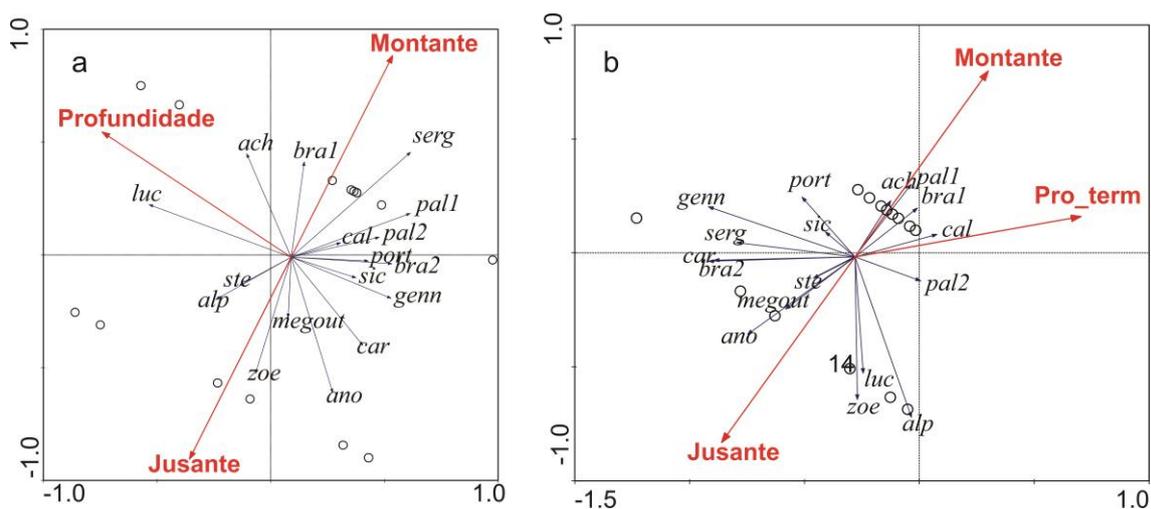


Fig. 10. Diagrama de ordenação da Análise de Redundância (RDA) com estações de amostragem, espécies características e condições oceanográficas significativas a. Matriz biológica da abundância de decápodes e condições oceanográficas (transecto a jusante, transecto a montante, profundidade local); b. Matriz biológica do biovolume de decápodes e condições oceanográficas (transecto a jusante, transecto a montante, profundidade da termoclina – Pro_term). ach: *Achelata*; bra: *Bachyura*; serg: *Sergestidae*; pal: *Paleomonidae*; ano: *Anomura*; megout: *Brachyura megalopa* outros; genn: *Gennadas* spp.; luc: *Luciferidae*; ste: *Setenopodidae*; cal: *Callianassidae*; port: *Portunidae*; alp: *Alpheidae*; car: *Caridae* outros; sic: *Sicyonia* sp.

3.4. Espectro de tamanho

O espectro de tamanho do macrozooplâncton total na ilha de Fernando de Noronha foi de 0,29 até 16,72 mm ESD, e incluiu 16 classes de tamanhos (Fig. 11). Os picos máximos da abundância total de zooplâncton e de *Calanoida* foram entre 1,47 e 2,52 mm ESD. Os Decápoda foram registrados em 14 classes de tamanho. Os únicos decápodes registrados na classe entre 0,05 e 0,65 mm foram os *Penaeoidea* (*Segestidae*). A classe com maiores tamanhos (12,8 e 16,7 mm ESD) foi representada apenas pelas

filossomas avançadas de lagostas (Achelata). Os picos máximos de abundância para os Decapoda foram registrados entre 1,12 e 1,47 mm para os grupos megalopas de *Brachyura* total, *Anomura* e *Penaeoidea* total. Esse último também apresentou um segundo pico de abundância entre 2,25 e 3,3 mm.

Através do arrasto realizado com a rede 500 μm foi possível observar o pico de abundância a aproximadamente 1,5 mm. A partir de 1,5 mm pode ser observada uma tendência linear decrescente. A mesma tendência pode ser observada para a comunidade de Decapoda. Contudo, foi possível observar outros picos de abundância para *Penaeoidea* e *Caridea* (larvas de camarão paleomonídeos).

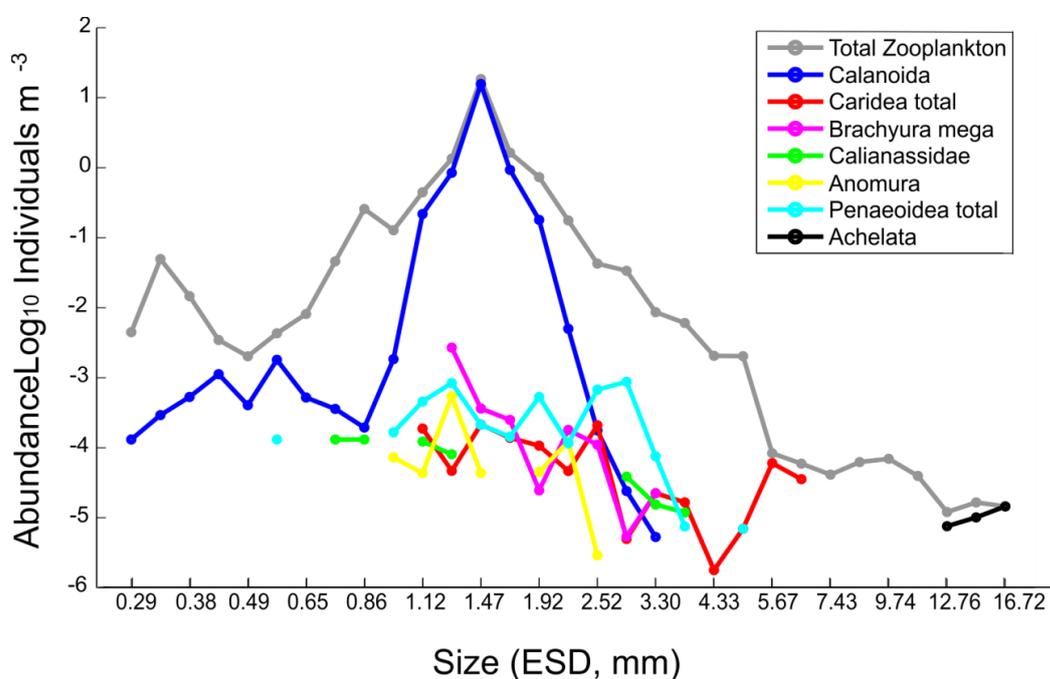


Fig. 11. Espectro de tamanhos do macrozooplâncton (malha de 500 μm) do Arquipélago de Fernando de Noronha em Julho e Agosto de 2010. As linhas representam as médias das abundâncias (linhas coloridas) para cada classe de tamanho. Os tamanhos ESD (diâmetro esférico equivalente) foram determinadas com ZooScan.

4. Discussão

O presente estudo forneceu importantes informações sobre o biovolume e os espectros de tamanho do zooplâncton no Arquipélago de Fernando de Noronha através do uso do ZooScan, principalmente para os grupos de decápodes com tamanho maior que

1,5 mm ESD. Através desse estudo foi possível descrever vários aspectos inovadores: 1). Efeito de massa de ilha: maiores valores de clorofila *a* foram verificados a jusante da ilha, onde também foi observada uma elevação do pico máximo de clorofila em menores profundidades, assim como, a mudança do sentido dos vetores de correntes (Sudeste – Nordeste) aos 60 m em distâncias mais próximas da ilha. 2). Efeito ilha larval: foi possível observar que a jusante da ilha houve um aumento da abundância e do biovolume para vários grupos de decápodes e 3). Agrupamentos diferentes de Decapoda: na região a jusante da ilha foram agrupadas as larvas de espécies bentônicas, enquanto na área a montante houve uma contribuição de larvas holoplanctônicas e fases avançadas de filossomas.

4.1. Efeito de massas de ilhas (*Island Mass Effect*)

As concentrações de Clorofila *a* registradas no presente estudo foram consideradas altas quando comparadas às concentrações de um ambiente oligotrófico (Lalli e Parsons, 2006). Os maiores valores registrados a jusante da ilha, associados à ascendência do pico da clorofila *a* em profundidades mais superficiais, mostraram que houve uma perturbação no ambiente. Esse mesmo comportamento foi observado para o mesmo ano de coleta, incluindo dados da mesma expedição científica, e também em outros anos de coleta para FN e AR (Cordeiro et al., 2013, Tchamabi et al., 2017). Os autores explicaram essa ascendência do pico de clorofila com a perturbação da estrutura termohalina, mostrando um aumento mais rápido do valor da salinidade em maiores profundidades com a diminuição da temperatura. Essas características ambientais podem estar associadas ao efeito de turbulência gerado pelas correntes a partir de 60 m de profundidade, como pode ser observado nos pontos mais próximos a jusante da ilha. Esses dados foram corroborados por estudos de modelagem (Tchamabi et al. 2017).

Esse mesmo tipo de comportamento insular foi registrado para várias ilhas e montes submarinos oceânicos a partir do primeiro estudo realizado em ilhas no Havaí (Doty e Ogu, 1956). Desde essa época vários estudos foram desenvolvidos, incluindo ilhas no Atlântico, como as Ilhas Canárias (e.g. Arístegui et al., 1994, 1997; 2001; Hernández-León, 2001; Arístegui e Montero, 2005), FN e AR (e.g. Souza et al., 2013; Jales et al. 2015; Tchamabi et al., 2017).

4.1.2 Efeito ilha larval

O agrupamento de decápodes associado a jusante da ilha foi representado pelas larvas de espécies bentônicas: zoeas de *Brachyura* (principalmente para o grupos dos grapsídeos), megalopas de *Brachyura*, *Anomura* e zoeas de *Alpheidae*, *Stenopodidae* e *Calianassidae*. Esse agrupamento também foi corroborado pela contribuição significativa dos parâmetros de abundância e biovolume de zoeas e megalopas de *Brachyura*, *Alpheidae* e *Anomura* para esse lado da ilha. Estes resultados mostram o efeito ilha larval para FN, com a contribuição de larvas advindas da ilha e originadas de organismos bentônicos que existem no local. Esse mesmo efeito também foi registrado nas ilhas Canárias (Atlântico Subtropical), onde a jusante foram registradas larvas de espécies bentônicas com grupos semelhantes aos registrados nessa pesquisa, como diferentes espécies de *Anomura*, *Caridea* e *Brachyura* (Landeira et al., 2009, 2010, 2012).

Paras as Ilhas Canárias também foi verificado que existe uma contribuição de biomassa do zooplâncton para o microzooplâncton (Aristegui e Montero, 2005), e também para o mesozooplâncton (Hernández-León, 2001), ambos a jusante da ilha. Os autores enfatizam que nesse lado da ilha, existem efeitos da turbulência causados pela morfologia local e vórtices que favorecem a retenção larval nesse lado da ilha.

4.2. Comunidades oceânicas

O agrupamento de decápodes associado às condições oligotróficas e onde as correntes foram mais intensas (a montante da ilha) foi representado por megalopas de *Brachyura* morfotipo 1, filossomas avançadas de lagostas (*Achelata*) e *Sergestidae*.

Em ilhas do Oceano Atlântico Tropical as lagostas predominantes são do gênero *Panulirus*, com destaque para a espécie *P. echinatus*, registrada para as ilhas de Ascensão, Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), AR e o próprio FN; e também por *P. argus*, também registrada nas ilhas brasileiras e no Arquipélago de Cabo Verde e Costa do Marfim (Rudorff et al., 2009). Os tamanhos registrados no presente estudo (entre 12,76 - 16, 72 mm) são correspondentes aos estágios de três meses de vida

(13,1–16,0 mm) da espécie *P. argus* (Butler et al., 2011). Esse tempo é suficiente para que as larvas sejam transportadas de outros ambientes para a comunidade oceânica de FN.

Algumas larvas da família Sergestidae são encontradas comumente em regiões oceânicas. Como pode ser observado para a espécie *Sergestes edwardsi* em áreas mais distantes do ASPSP (Brandão et al., 2013), e também para *Deosergestes henseni* a montante das ilhas Canárias (Landeira et al., 2012). Nesta última, também foram descritos dois agrupamentos relacionados à composição de espécies. Uma comunidade holopelágica a montante da ilha que incluíram além de Sergestidae, representantes do gênero *Gennadas* spp.; e, uma comunidade a jusante da ilha, representadas pelos organismos meroplancctônicos (Landeira et al., 2012).

4.3. Abundância versus biovolume

O cálculo do biovolume com o uso da fórmula elipsoidal (EBv) correspondente ao volume “rugby ball” (Vandromme et al., 2012) vem sendo aplicado para várias comunidades planctônicas (e.g. Vandromme et al., 2012; Marcolin et al., 2015; Dai et al., 2016, 2017). Dessa forma, descrever a comunidade planctônica utilizando esse mesmo parâmetro é de suma importância para a comparação com outras comunidades. Entretanto alguns representantes como filossomas de lagostas que apresentam formatos achatados, podem ter tido o seu biovolume superestimado dentro da comunidade planctônica. Sugere-se, portanto, que mais estudos sejam realizados e outros fatores aplicados para esses organismos (Gorsky et al., 2010; Marcolin et al., 2015a).

De forma geral, os valores de abundância e de biovolume do zooplâncton aferidos com o ZooScan nesse estudo foram muito menores quando comparados a estudos costeiros e oceânicos do Atlântico tropical e subtropical (Marcolin et al., 2015 a), utilizando as mesmas ferramentas com o ZooScan, mas como malhas menores (200 µm).

Os valores de abundância dos grupos de zooplâncton, quando comparados aos de biovolume refletiram a posição dominante dos Calanoida, com valores de abundância acima de 60% para a montante, e maiores que 40% para a jusante, e com somente 27 e 37% de biovolume, respectivamente. Para os outros organismos, a abundância não foi proporcional ao biovolume, sendo as filossomas de lagostas e sifonóforos os grupos que mais contribuíram em biovolume a montante, e larvas de peixes e eufausiáceos a jusante.

Essas proporções diferentes entre os grupos mais abundantes versus os mais volumosos também foram observados para a região do Pacífico, onde utilizando a mesma fórmula do presente estudo foi demonstrado que os tunicados representavam o segundo grupo mais volumoso depois dos copepódes (Dai et al., 2016). Em outras regiões do Pacífico Leste Tropical, as hidromedusas apresentaram-se como o principal grupo contribuinte no biovolume (Miglietta et al., 2008).

Apesar de serem pouco abundantes dentro da comunidade planctônica, os decápodes contribuíram com mais de 16% de biovolume. Dessa forma, pode-se inferir que apesar de valores mais reduzidos de abundância, os mesmos contribuem fortemente em biovolume e conseqüentemente, em biomassa no ambiente.

Vários animais planctívoros já foram registrados como consumidores de decápodes planctônicos, tais como peixes voadores, atuns e mesmo o tubarão-baleia (Morgan et al. 1988, Smale, 1992, Karuppasamy et al., 2006, Meekan et al., 2009, Rohner et al., 2015). Em áreas de alimentação do *Rhincodon typus* (tubarão baleia) na Ilha Mafia (Tanzânia), o volume corporal médio do zooplâncton ($7,32 \text{ mm}^3$) foi 0,10 vezes maior do que a comunidade zooplanctônica da mesma área, mas sem a presença do comportamento de alimentação (Rohner et al., 2015).

Os locais de alimentação desta espécie de tubarão apresentaram mais de 80% de biovolume relativo de decápodes, e os principais contribuintes foram os sergestídeos. Nesse mesmo estudo, foi observado que os tubarões-baleia se alimentaram não só quando o zooplâncton esteve presente em elevada abundância e em agregados, mas também, quando a comunidade zooplanctônica envolveu um maior tamanho e menores abundâncias de organismos. A espécie alvo *Lucifer hansenii* que foi observada como principal item alimentar dessa espécie, também foi alvo de peixes comerciais como engraulídeos (*Stolephorus indicus* e *S. commersonnii*) e a cavala *Rastrelliger kanagurta* (Rohner et al., 2015).

Fernando de Noronha é conhecido por ser um ponto de biodiversidade, considerada uma importante região pesqueira para o Nordeste do Brasil. Nesse ambiente já foram registradas várias espécies de peixes comercialmente importantes e planctívoras (Hazin et al., 2008), também foram registrados através de dados acústicos, verdadeiras aglomerações de organismos planctônicos constituídos principalmente de gelatinosos e crustáceos ao redor da ilha (Vargas, 2017). É possível que nessas regiões, espécies

comercialmente importantes e planctívoras utilizem também desses principais contribuintes em biomassa para a alimentação.

Espectros de tamanho do macrozooplâncton

As maiores abundâncias observadas para o tamanho de 1,5 mm (ESD) para a comunidade macrozooplanctônica de FN foi devido ao tamanho da malha de rede com a qual amostras foram coletadas (500 μm). Em outros estudos, utilizando malhas menores, os picos de abundância para a comunidade zooplanctônica foram de menores tamanhos de mm ESD. Este fato foi observado para as regiões costeiras e oceânicas do Atlântico Tropical, na região de Abrolhos (Brasil), utilizando uma rede de 200 μm de malha e também para a região Subtropical, e em Ubatuba, utilizando o mesmo tamanho de rede (Marcolin et al., 2013; 2015 a, b). Os picos de abundância com um menor tamanho também foram observadas para outras regiões do mundo, como na região oeste do Pacífico, na região de Taiwan (Dai et al., 2016) e na região das Filipinas, no Norte do Pacífico Tropical Oeste (Dai et al., 2017). Neste último estudo, Dai et al. (2016) também mostraram que os decápodes luciferídeos dominaram na classe de tamanho entre 2-3mm ESD.

Os resultados registrados com maiores picos em uma maior classe de tamanho nesse estudo podem auxiliar e complementar o espectro de tamanho para as comunidades estudadas com uma menor fração de tamanho. Os resultados também mostram que, apesar da fuga comum de organismos maiores para a rede de maior abertura de malha, e saber que mesma pode subestimar os organismos maiores (Ballón et al., 2011; Lezama-Ochoa et al., 2011), os valores dessa pesquisa foram bem representados para o estudo da distribuição do espectro de tamanho da comunidade macroplanctônica.

Os tamanhos dos táxons podem também ser usados para estimar as fases de desenvolvimento dos animais. Foi possível observar, por exemplo, que as larvas de lagosta apresentaram pelo menos três meses de idade dentro do plâncton (Butler et al., 2011). Os luciferídeos na classe de tamanho entre 1,1 e 2,5 mm ESD (dados não mostrados), foram mais abundantes com 1,9 mm ESD. Estes valores correspondem a animais adultos de *L. faxoni* (Teodoro et al., 2012). Dessa forma, sabendo que animais pelágicos se alimentam de organismos com um tamanho corporal maior (Rohner et al.,

2015), é sugerido que estes grupos de maior tamanho comecem a ser melhor estudados dentro da comunidade macrozooplactônica marinha.

5. Conclusões

Os dados reunidos do presente estudo demonstraram que provavelmente exista uma contribuição larval de decápodes na transferência de energia para as teias tróficas pelágicas em Fernando de Noronha entre julho e agosto de 2010, destacando a importância do grupo para as comunidades pelágicas oceânicas. Foi demonstrado que, apesar da baixa abundância dos decápodes em relação ao zooplâncton total, os valores de biovolume fornecidos pelos mesmos mereceram destaque para a comunidade, chegando até 18 % para a região a montante da ilha. Esse fenômeno implica na disponibilidade de recursos que irão favorecer os demais níveis da cadeia trófica marinha, e também colaborar na bomba de carbono ao redor do ambiente.

De modo geral, a abundância é um valioso índice quantitativo e muito importante para mostrar a estrutura da comunidade no ambiente. Na região oceânica do Nordeste do Brasil, incluindo alguns ambientes insulares, o zooplâncton é bem caracterizado. A maior parte dos estudos relacionados a esta região forneceram dados específicos para os organismos que estão nos primeiros metros da coluna d'água (de zero até um metro de profundidade) coletados com arrastos sub-superficiais. Contudo, sabendo que o tamanho corpóreo individual entre os grupos taxonômicos são diferentes e podem contribuir de forma significativa no ambiente, como ocorreu com as filossomas de Achelata e outros grupos nesse estudo, pesquisas envolvendo conjuntamente os parâmetros abundância e biovolume no ambiente tornam-se fundamentais para o conhecimento de como cada grupo contribui para o domínio pelágico.

10 CAPÍTULO V:

**CONECTIVIDADE E ESTRUTURA GENÉTICO-POPULACIONAL DO
CARANGUEJO SEMI-TERRESTRE *JOHNGARTHIA LAGOSTOMA*
(BRACHYURA: GECARCINIDAE): IMPLICAÇÕES PARA A SUA
CONSERVAÇÃO NAS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS**

Caranguejo semi-terrestre *Johngarthia lagostoma*



Fonte: Simone Lira

REVISTA:

Marine Biology

SITUAÇÃO: Artigo em fase de tradução para o inglês

Resumo

O caranguejo *Jonhgarthia lagostoma* exibe hábitos terrestres e apresenta extrema importância ecológica por ser predador de topo de cadeia alimentar no ambiente que habita. O mesmo é endêmico de ilhas oceânicas do Atlântico Tropical e está ameaçado de extinção nas ilhas do território brasileiro. No entanto, pouco se sabe sobre sua ecologia larval marinha e diversidade genética. Os animais foram coletados no Arquipélago de Fernando de Noronha (FN), Atol das Rocas (AR), ilha de Trindade (TR) e Ascensão (AS). Fragmentos de 651 pares de base da região controle do DNAm foram sequenciados para 84 espécimes. Altos níveis de diversidade haplotípica (0,99) e de diversidade nucleotídica (0,04) foram registrados. As topologias filogenéticas, as análises de Variância Molecular e diferenciação genética par-a-par através do índice de fixação (F_{ST}) detectaram um extremo fluxo gênico entre as subpopulações de *J. lagostoma* para as ilhas de FN, AR e AS e um isolamento geográfico para TR (Φ_{ST} e $F_{ST} > 0,30$). As correntes oceânicas e as alterações do nível do mar durante os ciclos glaciais podem explicar a conectividade entre as ilhas equatoriais e também o isolamento geográfico para a ilha de Trindade entre esses ambientes. Os dados gerados nessa pesquisa podem auxiliar em criações de estratégias de preservação da espécie, indicando um melhor estado de conservação para os caranguejos de FN, AR e AS e que a ilha de Trindade seja tratada como uma unidade de conservação brasileira e seja mais monitorada em relação a essa espécie.

Introdução

Espécies marinhas que apresentam estágio larval pelágico expõem um grande potencial de conectividade genética entre populações de ambientes fisicamente distantes, e podem exibir baixa ou nenhuma variação genética entre si (McMillen-Jackson e Bert 2004; Rocha et al. 2008; Farhadi et al. 2010; Rodríguez-Rey et al. 2013; Weeks et al. 2014). O grau de conectividade entre as espécies pode estar associado à distância geográfica e também a outros fatores oceanográficos, como a presença de vórtices e mudanças incisivas na temperatura e salinidade (Palumbi 2003; Rudorff et al. 2009; Turner et al. 2013; Villar et al. 2015). As correntes oceânicas desempenham um papel significativo na estrutura genética das populações marinhas, uma vez que são responsáveis pela dispersão larval, atuam na qualidade de troca gênica ou, alternativamente, podem proporcionar formações de barreiras físicas para o fluxo gênico (Palumbi 1994; Rudorff et al. 2009; Farhadi et al. 2013). Os processos históricos como as transgressões e regressões do nível do mar durante as glaciações também são bem discutidos para a conectividade e/ou isolamento geográficos de várias populações marinhas (Lessios et al. 2001; Souza et al. 2015).

Populações de peixes recifais e invertebrados marinhos como ouriços, polvos, poliquetas, aratus, lagostas e caranguejos, apresentam apenas a fase larval para uma maior dispersão e, apesar disto, apresentam ampla ocorrência no Oceano Atlântico e um alto fluxo gênico entre as subpopulações (e.g. Lessios et al. 2001; Muss et al. 2000; Carlin et al. 2003; Leite et al. 2008; Rocha et al. 2008; Barroso et al. 2010; Kulbicki et al. 2013; Cunha et al. 2014; Souza et al. 2015).

A região do Oceano Atlântico tropical compreende quatro províncias biogeográficas: 1. O Grande Caribe, que inclui o Caribe, Antilhas, Golfo do México, Flórida, Bahamas e Bermudas; 2. A província brasileira, que inclui o litoral e as ilhas oceânicas ao sul do Equador até 28°S; 3. A cordilheira meso-Atlântica, que geologicamente, inclui o Arquipélago de São Pedro e São Paulo e as ilhas de Ascensão e Santa Helena; e, 4. O Atlântico Oriental Tropical, de Cabo Verde a Angola, incluindo as Ilhas no Golfo da Guiné (Lessios et al. 2001; Rocha et al. 2008).

As técnicas moleculares, quando empregadas em áreas oceânicas, além de delimitar essas províncias geográficas mostrando populações diferenciadas por área (Lessios et al. 2001; Muss et al. 2001; Rocha et al. 2008), podem auxiliar na identificação de fontes e sumidouros de dispersão larval, sendo cruciais para otimizar áreas de proteção marinhas

(Coleman et al. 2011). Atualmente, essas ferramentas ultrapassam os estudos de genética populacional e são capazes de descrever o estado de conservação de várias espécies, inclusive as espécies marinhas de valor comercial, sobreexploradas e ameaçadas de extinção (Oliveira-Neto et al. 2007, 2008; Farhadi et al. 2013; Fernández et al. 2013; Rodríguez-Rey et al. 2013; Turner et al. 2013; Benevides et al. 2014; Mantelatto et al. 2014, Amaral et al. 2015). De forma geral, esses métodos vêm sendo aplicados com sucesso na criação de estratégias para a gestão de espécies, categorizando populações em uma ou mais unidades evolutivamente significativas ou em unidades de manejo diferenciadas (Moritz 1994; Pasboll et al. 2006; Torres et al. 2015).

O caranguejo semi-terrestre *Johngarthia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837) é endêmico de quatro regiões insulares do Oceano Atlântico Tropical: Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Ilha de Trindade e Martin Vaz (Brasil), e a Ilha de Ascensão (Reino Unido) (Hartnoll et al. 2006, 2009). Possuem hábito de vida terrestre, mas dependem do ambiente marinho para desovar. Esse período ocorre geralmente entre os meses de novembro e março, se estendendo até abril em alguns anos (Hartnoll et al. 2006, 2009; Lira et al. dados não publicados). As características que restringem *J. lagostoma* às ilhas oceânicas fazem com que a espécie permaneça categorizada como ameaçada de extinção no território brasileiro (código EN - B1ab (i) + 2ab (ii) -Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003 sob PORTARIA MMA Nº 98, DE 28 DE ABRIL DE 2015; Coelho et al. 2008; Machado et al. 2008).

Recentemente, um estudo utilizando as regiões do DNA mitocondrial mais conservativas (COI e 16S) observou que *J. lagostoma* apresenta três unidades evolutivas significativas e que as diferenças entre as mesmas poderiam ser representadas pela distância entre as ilhas que a espécie habita (Rodríguez et al. 2016). Contudo, o estudo com a região controle (D' loop) pode desvendar e mostrar uma história genético-evolutiva mais detalhada, como pode ser observado com estudos que utilizam ambas as regiões mitocondriais (Turner et al., 2013) e indicam que o D' Loop é mais sensível em detectar variações mais recentes da população. Essa região foi utilizada recentemente para diversos estudos biogeográficos com Decapoda, que incluem espécies da família Gecarcinidae (e.g. Oliveira Neto et al., 2007, 2008; Supmee et al., 2012; Fernandez et al., 2013; Rodríguez-Rey et al., 2013; Turner et al., 2013) e populações de ilhas da família Grapsidae (Teschima et al., 2016). A região mitocondrial vem sendo utilizada amplamente em estudos filogeográficos por apresentar várias características favoráveis como a herança

materna, e uma taxa de evolução mais rápida do que a do genoma nuclear (Wilson et al., 1985; McMillen-Jackson e Bert 2004) e a região controle (D'Loop) é ainda mais sensível a detectar diferenças entre populações em um menor período de tempo, do que as outras regiões mitocondriais.

Dessa forma, o presente estudo testa a hipótese de que o fluxo gênico entre as populações de *J. lagostoma* ocorre em função não apenas da distância entre as ilhas mas também em função das correntes oceânicas predominantes; e que métodos de genética populacional utilizando a região controle do DNAm podem ser uma eficiente ferramenta para a identificação de unidades de manejo em ilhas oceânicas tropicais. Os objetivos desse trabalho foram avaliar o estado de conservação da espécie de acordo com a variação genética, descrever o padrão de conectividade entre as populações através de uma região mitocondrial menos conservativa e descrever a expansão populacional das mesmas. Este estudo fornece dados inéditos que irão contribuir no planejamento do manejo de unidades de conservação marinha para uma espécie de elevada importância socioambiental, em conjunto com outros estudos realizados nas áreas em questão.

Material e métodos

Área estudada

O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas estão inseridos no topo de uma cadeia de montanhas submarinas (Cadeia de Fernando de Noronha) e distam 148 km uma da outra. O Parque Nacional Marinho e a Área de Proteção Ambiental Estadual do Arquipélago Fernando de Noronha estão localizados a 345 km da costa brasileira, e a Reserva Biológica Atol das Rocas encontra-se a cerca de 260 km do Rio Grande do Norte (Kikuchi & Leão, 1997). A Ilha da Trindade e o Arquipélago Martin Vaz, localizados a cerca de 1.200 km da costa central do Brasil, encontram-se em uma cadeia associada ao ambiente costeiro (Cadeia de Vitória-Trindade). Essa ilha apresenta um grande endemismo de espécies e está sob um regime de correntes diferenciados (Simon et al. 2013) das outras ilhas que o caranguejo *J. lagostoma* habita. É uma ilha militar e gerida de forma diferente das ilhas de FN e AR. A ilha Britânica de Ascensão esta separada a mais de 1500 km da costa Oeste Africana, e a mais de 2000 km das ilhas brasileiras (Hartnoll et al. 2006, 2009).

As ilhas oceânicas em destaque estão inseridas em um complexo sistema de correntes do Giro Subtropical do Atlântico Sul. Esse sistema é constituído principalmente pela Corrente Sul Equatorial (CSE) e suas vertentes (Rodrigues et al. 2007) (Fig. 1). A CSE se origina na porção leste do Oceano Atlântico, e segue no sentido Leste-Oeste passando pela Ilha de Ascensão (AS) ($7^{\circ}56'S$ $14^{\circ}25'O$), Arquipélago de Fernando de Noronha (FN) ($03^{\circ}51'S$ $32^{\circ}25'O$) e o Atol das Rocas (AR) ($03^{\circ}52'S$ $33^{\circ}49'O$). Ao se aproximar do continente brasileiro, a CSE se bifurca na Corrente Norte do Brasil (CNB) e Corrente do Brasil (CB). A CB segue em sentido Sul e atinge a Ilha de Trindade e Martin Vaz ($20^{\circ}31'S$ $29^{\circ}19'O$) (Rodrigues et al. 2007). Essas correntes sofrem influência da variabilidade sazonal provocada pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical Sazonal. Intensificações das correntes CSE e CB podem acontecer nos meses de setembro até novembro, tornando-se mais fracas nos meses de Junho e Julho (Rodrigues et al. 2007).

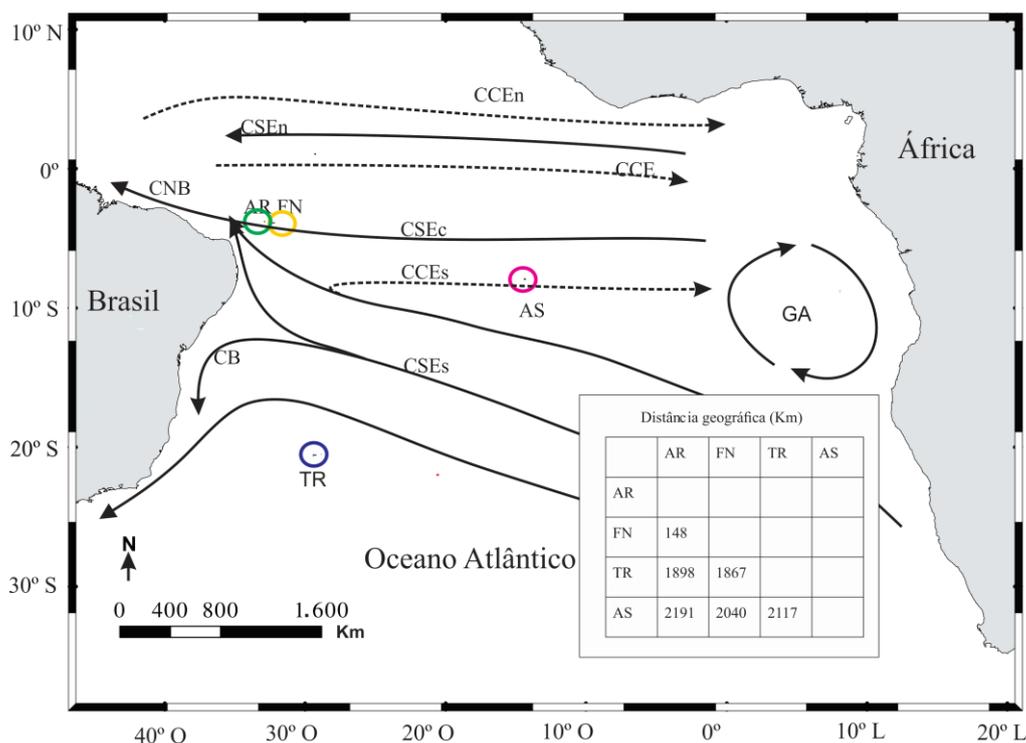


Fig. 1. Mapa de distribuição geográfica do caranguejo *Johnnarthia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837), em ambientes insulares do Oceano Atlântico Tropical marcados com círculos coloridos: Verde (AR): Atol das Rocas; Amarelo (FN): Arquipélago de Fernando de Noronha, Azul (TR): Ilha da Trindade e Martin Vaz e Rosa (AS): Ilha de Ascensão. Principais correntes que circundam os ambientes estudados: CSE = Corrente Sul Equatorial, ramo norte (CSEn), ramo central (CSEc) e ramo sul (CSEs); CB = Corrente do Brasil; CNB = Corrente Norte do Brasil; CCE = Contra

Corrente Equatorial (CCE), ramo norte (CCEn) e sul (CCEs); e o giro das Agulhas (GA) (Correntes extraídas de Peterson e Stramma 1991; Stramma e England 1999 e de Araújo et al. 2011). Dentro do quadro são registradas as distâncias geográficas em quilômetros (Km) entre as ilhas estudadas.

Amostragem

Amostras de tecido muscular foram obtidas através de cinco expedições oceanográficas entre 2011 e 2013 em três sistemas insulares do Oceano Atlântico Tropical. Foram obtidas amostras de 30 caranguejos do Arquipélago de Fernando de Noronha, 27 do Atol das Rocas e 20 da Ilha de Trindade (Fig. 1). Sete amostras da Ilha de Ascensão foram obtidas em colaboração com a Universidade de Liverpool (R. Hartnoll).

Os exemplares foram capturados manualmente para a retirada de um quinto pereiópodo de cada espécime. Posteriormente, o animal foi marcado em sua carapaça dorsal com caneta permanente, para evitar reamostragem, e devolvido ao ambiente. O tecido muscular de cada pereiópodo foi dissecado com lâmina descartável e preservado em etanol 96% (Seutin et al. 1991). As amostras foram armazenadas em freezer a -20° C.

Amplificação de DNA e sequenciamento

O DNA dos caranguejos foi obtido utilizando kit de extração (*Qiagen*) por meio do protocolo oferecido pelo fabricante. A integridade do DNA extraído foi avaliada por meio de uma alíquota de 4 µl do produto extraído, corado com GelRed™ e submetido a eletroforese em gel de agarose a 1%. A quantificação do DNA foi realizada por comparação com o marcador de peso molecular *Low DNA Mass Ladder (Invitrogen)*.

Para realizar a amplificação de 1,6 kb de fragmento que inclui a região controle (D'Loop) do DNAmT foram utilizados os primers 12SUCAF3 (5'-CCA GTA NRCCTA CTA TGT TAC GAC TTA T-3') e ILEUCAR3(5'-GCT AYC CTT TTA AAT CAG GCA C-3') (Oliveira-Neto et al. 2007). As reações de PCR foram otimizadas em 25µl de volume final, usando o kit *Mastermix Vivantis* que apresentou as seguintes concentrações finais: 6 mM de MgCl₂, 0,25 mM de cada dNTP, 0,1 U/µl de Taq polimerase (*Invitrogen*), 1x tampão, 2 µM de cada iniciador, e 1,2 µg/ml de DNA genômico. O protocolo das ampliações seguiu os seguintes passos: 95°C por 2 minutos, seguido por 35 ciclos de

95°C durante 20 segundos, 56°C durante 30 segundos e 72°C durante 90 segundos, seguido de um último ciclo de 72°C durante 2 minutos (Oliveira-Neto et al. 2008).

A inspeção dos produtos de PCR foram obtidos por meio de uma alíquota de 4 µl, corados com GelRed™ e submetidos a eletroforese em gel de agarose 1,5% e fotografado sob luz UV. Após o resultado positivo da amplificação, os produtos foram purificados com *ExoSap-IT*® (Affimetrix) e sequenciados utilizando os primers internos ILEUCAR2: 50 – CCT TTT AAA TCA GGC ACT ATA–30 e DLUSSAF1: 50 –GTA TAA CCG CGA ATG CTG GCA C–30) (Oliveira-Neto et al. 2007). Os produtos de PCR foram sequenciados bi-direcionalmente utilizando o kit *BigDye Terminator* v.3.1 (www.appliedbiosystems.com), usando um sequenciador de DNA automatizado modelo ABI 3500 (Applied Biosystems).

As sequências forward e reverse foram visualizadas e editadas através do software CodonCode Aligner 5.1.5 (CodonCode Corporation, Dedham, Massachusetts) e posteriormente foram obtidas as sequências consenso. Estas foram alinhadas através do CLUSTALW utilizando o Mega6 (Tamura et al. 2013), com penalidades de abertura e extensão de gaps de 15 e 6,6, respectivamente. As sequências editadas foram submetidas ao algoritmo blastn (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), com o objetivo de verificar a natureza das sequências obtidas.

Uma sequência da espécie *Gecarcoidea natalis* (Pocock, 1888) foi retirada do GenBank (acesso JF779843) e utilizada como grupo externo para a análise filogenética.

Análise dos dados

O número de haplótipos (H), diversidade haplotípica (Dh), número de sítios polimórficos (Nsp), número médio das diferenças nucleotídicas (NmDn) e diversidade nucleotídica (π) foram obtidos pelo uso dos programas Arlequin v.3.5 (Excoffier e Lischer 2010) e DnaSP v.5.0 (Librado e Rozas 2009). O fluxo gênico foi estimado pelo número de migrantes Nm (Ney 1982) no programa DnaSP v.5.0 (Librado e Rozas 2009).

As relações evolutivas das populações de *J. lagostoma* foram realizadas por Inferência Bayesiana (IB) usando o programa *Bayesian Evolutionary Analysis Sampling Trees* (BEAST) (Drummond et al. 2007 a,b). Foram utilizadas 10 milhões de gerações MCMC amostrados a cada 1.000 gerações. Uma rede de haplótipos foi construída através do programa Network v.4.516 (www.fluxus-engineering.com), utilizando o critério de *median-joining*.

A estruturação genética foi investigada através da designação probabilística dos perfis genéticos pelo programa BAPS 5 (*Bayesian Analysis of Population Structure*; Corander e Marttinen 2006), através dos parâmetros "análise de mistura genética com as sequências ou loci ligados" e "mistura de população" em 10.000 gerações por indivíduos.

O Isolamento por distância (IBD) foi testado por uma análise de regressão linear pelo programa MATLAB® (Morgan 1994). Para o respectivo teste, as distâncias geográficas entre as ilhas foram calculadas utilizando o software Google Earth (<https://earth.google.com>). As distâncias genéticas interindividuais foram obtidas por uma matriz de distância calculada no programa PAUP *v.4.0b10 (Swofford 2002), com o modelo evolutivo GTR+I+G.

O valor de estruturação entre as populações foi calculado através de Análise de Variância Molecular (AMOVA; Excoffier et al. 1992) e da diferenciação genética par-a-par a partir do índice de fixação (F_{ST}) (Wright 1951). Esses valores foram calculados através de uma matriz de distância genética com o modelo TN93 (Tamura e Nei 1993) através do Arlequin 3.5 (Excoffier e Lischer 2010) e 10.000 permutações. Devido aos resultados das topologias da IB e resultados de F_{ST} e Φ_{ST} da AMOVA geral (testando a hipótese de população panmítica), foi realizada uma segunda AMOVA testando a população da Ilha de Trindade separada das demais ilhas.

Os testes de neutralidade D de Tajima (1989) e F_s de Fu (1997) foram utilizados para verificar se as populações desviavam do padrão de população panmítica com história demográfica estável (Kimura 1968). Os testes foram calculados através do modelo de sítios infinitos com base em 10.000 permutações (Hudson 1990) no programa Arlequin 3.5 (Excoffier e Lischer 2010). Gráficos de distribuição de *mismatch* foram realizados para cada ilha estudada de forma independente e também para todas as ilhas em conjunto através do programa DnaSp (5.0) (Librado e Rozas 2009).

Resultados

Diversidade genética

As diversidades genéticas não apresentaram diferenças entre as ilhas estudadas (Tabela 1). Os valores de diversidade haplotípica oscilaram entre 0,99 (FN) e 1,00 (AR, TR e AS). A diversidade nucleotídica apresentou um valor mínimo de 0,025 na Ilha de

Ascensão (AS) e um valor máximo de 0,035 na Ilha de Trindade (TR) (Tabela 1), atingindo uma média de 0,035 entre todas as ilhas. Foram registrados 78 haplótipos para a região controle do DNAm de 84 caranguejos. Praticamente, cada caranguejo apresentou um haplótipo individual. Oito espécimes de FN e AR compartilharam haplótipos entre si, da mesma forma que foi registrado para quatro outros espécimes de FN (Tabela1; Fig. 2 e 3). Os haplótipos de TR foram dominantes na respectiva ilha, apresentando o maior valor de diferença nucleotídica (22,15) (Tabela1). De um total de 651 pares de bases (pb), 152 (23,35%) foram polimórficos. Dessa forma, o número de sítios polimórficos variou desde 34 em AS até 92 em TR. O número médio das diferenças de nucleotídeos variou de 18,49 (FN) até 22,15 (TR) (Tabela 1).

Tabela1. Tamanho amostral e índices de diversidade molecular obtidos a partir de 84 sequências da região controle (D-Loop) do DNAm de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul (FN: Fernando de Noronha, AR: Atol das Rocas, TR: Trindade, AS: Ilha de Ascensão).

	Todas as amostras	FN	AR	TR	AS
Tamanho amostral (N)	84	30	27	20	7
Número de haplótipos (H)	78	28	27	20	7
Diversidade haplotípica (Dh)	0,99	0,99	1	1	1
Número de sítios polimórficos (Nsp)	152	86	88	92	34
Número médio das diferenças de nucleotídeos (NmDn)	22,51	18,49	18,62	22,15	16,19
Diversidade nucleotídica (π)	0,035	0,029	0,029	0,035	0,025

Conectividade e divergência genética entre amostras

A árvore filogenética IB indicou a presença de um grupo monofilético de *J. lagostoma* para as quatro ilhas estudadas (Fig. 2A) com um forte apoio estatístico (99%). Foram registrados três ramos principais, um com amostras dominantes de TR, e os outros dois com haplótipos mistos das ilhas de FN, AR e AS (Ilhas Equatoriais), um dos sub-

clados apresentou dois haplótipos de Trindade. Essa mesma configuração pode ser observada na rede haplotípica e no resultados do Baps (Figs. 2B e 3). A rede de haplótipos consistiu em três sub-redes conectadas correspondentes às regiões estudadas (Ilhas Equatoriais e Ilha de Trindade) (Fig. 2B). A sub-rede de TR foi do tipo “estendida” e foi constituída predominantemente por haplótipos de uma frequência de TR e um de AS. A sub-rede de Trindade ficou separada 14 passos mutacionais do clado das ilhas equatoriais (FN, AR, AS). Para estas ilhas, foram descritas redes estendidas menores separadas por mais de 10 passos mutacionais umas das outras. Dentro dessas redes foram registrados haplótipos com baixa frequência, e alguns compartilhados por dois indivíduos de FN, ou um de FN e um de AR. Nos resultados originados pelo Baps foram descritos 3 perfis genéticos; o primeiro foi restrito às ilhas equatoriais com percentagem menor em AR (Fig. 3), o segundo foi dominante na ilha de Trindade, mas ocorreu também em AR, e o terceiro ocorreu em todas as ilhas e com menores percentagens em FN e AS. Porém, foi notável que os perfis 1 e 3 tenham apresentado quase as mesmas proporções nas ilhas de FN e AR e com porcentagens acima de 50% do hap1 e cerca de 40% de hap2. O AR apresentou os três perfis genéticos e a IT apresentou 90% do hap3 e 10% do hap1 (Fig.3).

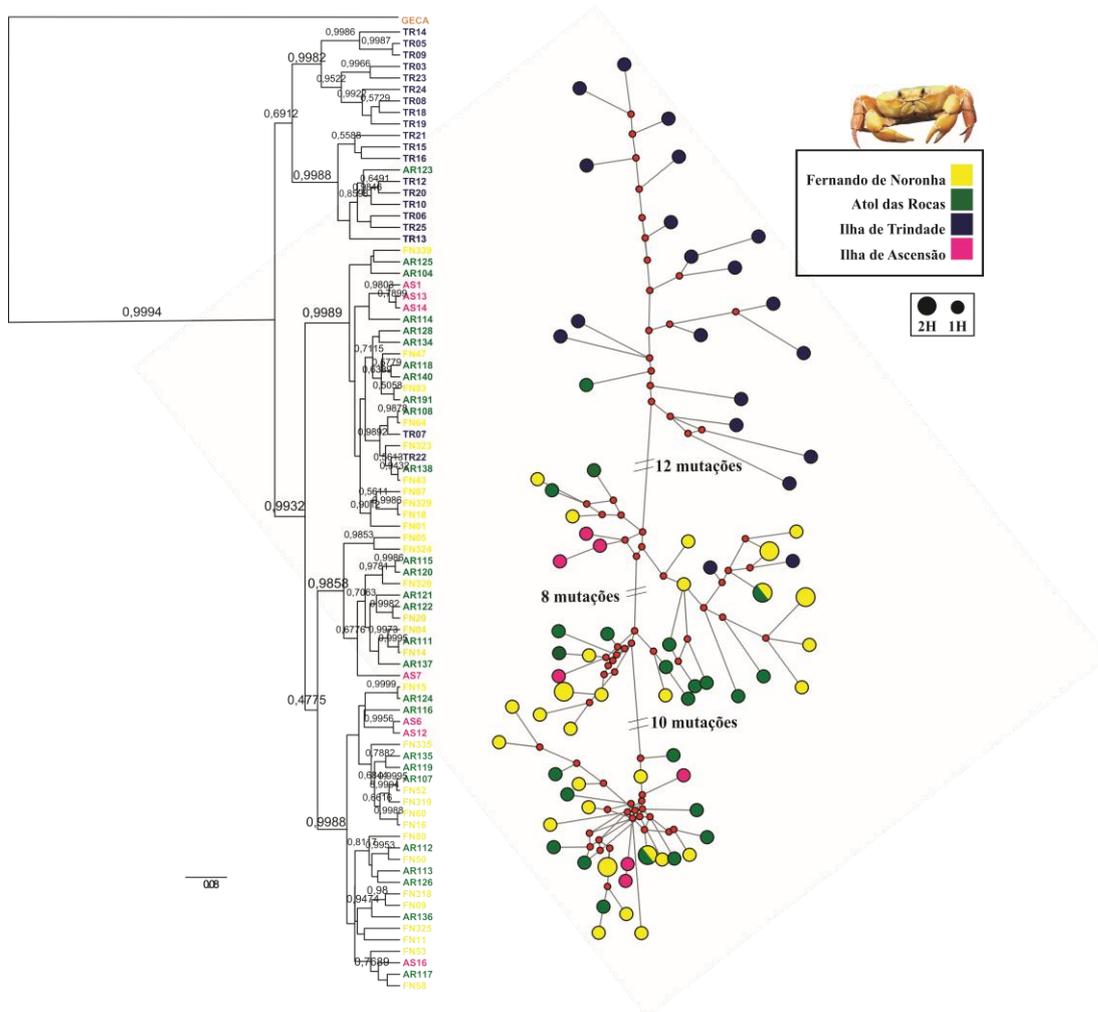


Fig. 2. A. Árvore filogenética baseada no método de inferência bayesiana a partir de 84 seqüências da região controle (D-Loop) do DNAm_t de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul. Os valores menores que 50% não foram mostrados. B. Rede de 79 haplótipos (*median-joining*) obtidos da região controle (D-Loop) do DNAm_t, a partir de 84 espécimes de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul. Os círculos representam os haplótipos e os respectivos diâmetros às frequências 1H e 2H. As linhas perpendiculares e os números representam o número de mutações entre os haplogrupos, e os círculos vermelhos menores representa um haplótipo perdido ou não amostrado.

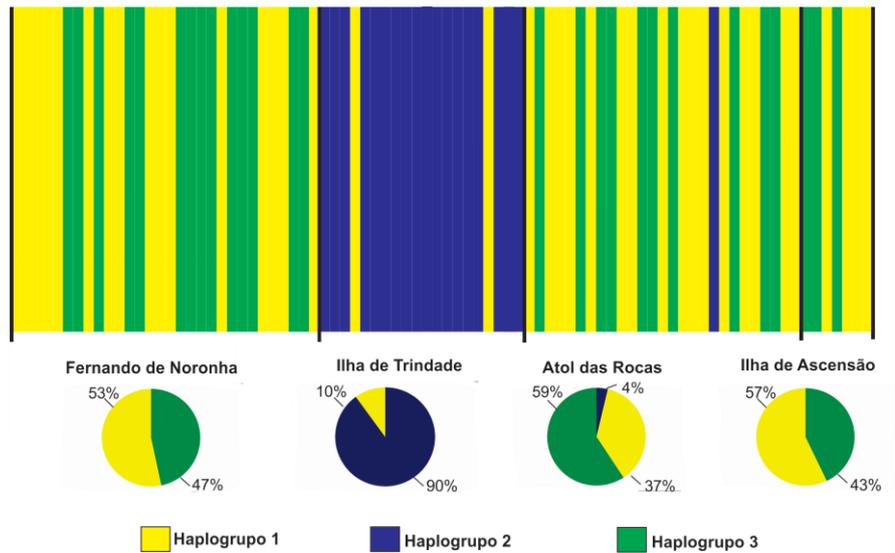


Fig.3. Análise da estruturação Bayesiana (Baps) de 79 haplótipos da região controle (D-Loop) do DNAmT, a partir de 84 espécimes de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul. Cada barra vertical representa a designação genética individual em cada um dos 3 haplogrupos detectados. E em cada círculo consta a porcentagem dos perfis genéticos registrados para cada ilha.

O teste de isolamento por distância (IBD) mostrou uma relação positiva e significativa entre as distâncias genéticas e geográficas ($p < 0,0001$; Fig 4). Porém, a distância geográfica explicou apenas 16% da variação genética entre os indivíduos ($R^2 = 0,16$; Fig. 4).

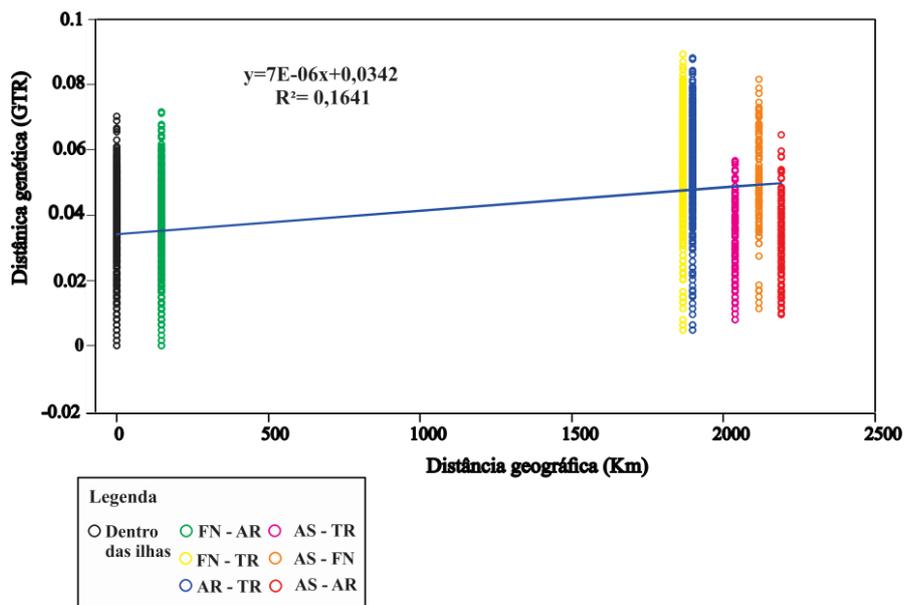


Fig.4. Isolamento por distância para a distância genética interindividual calculada através do modelo evolutivo GTR a partir de 84 sequências da região controle (D'Loop) do DNAmT de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul versus a distância geográfica em quilômetros. A linha de regressão é retratada com uma linha azul.

O resultado da análise da AMOVA para o teste de populações panmíticas (Tabela 2A) evidenciou uma alta e significativa variação molecular ocorrendo dentro das populações (79,7%; $\Phi_{ST}=0,203$; $p<0,00001$). A estruturação aumentou significativamente quando a AMOVA foi testada entre as ilhas equatoriais (FN, AR e AS) e TR ($\Phi_{ST}=0,282$; $p <0,0001$; Tabela 2B). Esse valor foi resultante de diferenças genéticas entre as ilhas equatoriais e Trindade (66,37% da variância entre as regiões, $\Phi_{CT} = 0,34$; $p <0,0001$).

As comparações F_{ST} par-a-par dentro das ilhas equatoriais indicaram a conectividade genética entre FN-AR; FN-AS e AR-AS ($F_{ST} = -0,0194$ a $-0,004$; $p >0,05$; Tabela 2), enquanto que entre todas elas (FN, AR e AS) e a ilha de TR foram detectadas fortes estruturações ($F_{ST} = 0,307$ até $0,341$; $p <0,0001$; Tabela 2). O fluxo gênico entre as localidades amostradas variou de um valor mínimo de $Nm= 2,14$ entre FN e TR até $Nm= 35,37$ entre FN e AR (Tabela 2 na diagonal superior).

Tabela 2. Análises de variância molecular (AMOVA) para a região controle do DNAm de populações de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul. (A) todas as ilhas em um único grupo e (B) Ilhas equatoriais (FN, AR, AS) versus Ilha de Trindade.

A

Fonte da variação	graus de liberdade	Soma dos quadrados	Componentes de variância	Percentual de variância	* Φ_{ST}	* Φ_{SC} * Φ_{CT}
Entre populações	3	210,0	2,9 Va	20,3	*0,20	
Dentro das populações	80	928,1	11,6 Vb	79,7		
Total	83	1138,1	14,6			

B

Entre populações	1	191,9	6,0 Va	30,4	* 0,34	
Entre populações Com grupos	2	18,1	-0,13 Vb	-0,8	*-0,01	
Dentro das populações	80	928,0	11,6 Vc	66,37	0,34	
Total	83	11138,1	17,5			

* $p < 0,00001$

Tabela 3. Índices de fixação (F_{ST}) par-a-par para a região do mtDNA (na diagonal abaixo) e fluxo gênico (Nm; acima da diagonal) entre as populações de *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico Sul.

	Fernando de Noronha	Atol das Rocas	Ilha de Trindade	Ilha de Ascensão
Fernando de Noronha	-	35,37	2,14	20,12
Atol das Rocas	-0,008	-	2,38	16
Ilha de Trindade	0,341*	0,310*	-	2,55
Ilha de Ascensão	-0,019	-0,004	0,307	-

* $p < 0,00001$

História demográfica

As populações de *J. lagostoma* apresentaram uma disposição de *mismatch* com características de um modelo em expansão e distribuições multimodais, com exceção da ilha de AS que apresentou uma distribuição multimodal, mas com um dos picos bem separados dos demais (Fig. 5). A indicação da ocorrência da população em expansão pode ser registrada também pelos valores negativos das estimativas de D de Tajima para FN, AR e TR (D= -0,70 a -0,56; $p>0,05$; tabela 4) e Fs de Fu (Fs= -12,81 até 0,62; $p<0,01$, tabela 4), apesar dos valores serem apenas significativos para o Fs de Fu.

Tabela 4. Estatísticas demográficas de regiões controles (mtDNA) entre populações do caranguejo *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico (FN: Fernando de Noronha,

	Média de todas as amostras	FN	AR	TR	AS
Tajima					
(D)	-0,23	-0,56	-0,71	-0,60	0,95
P de D	0,43	0,31	0,25	0,29	0,87
Fu (Fs)	-7,57	-10,04	-12,81	-6,8	-0,62
P de Fs	0,05	<0,01	<0,001	<0,01	0,87

AR: Atol das Rocas, TR: Trindade

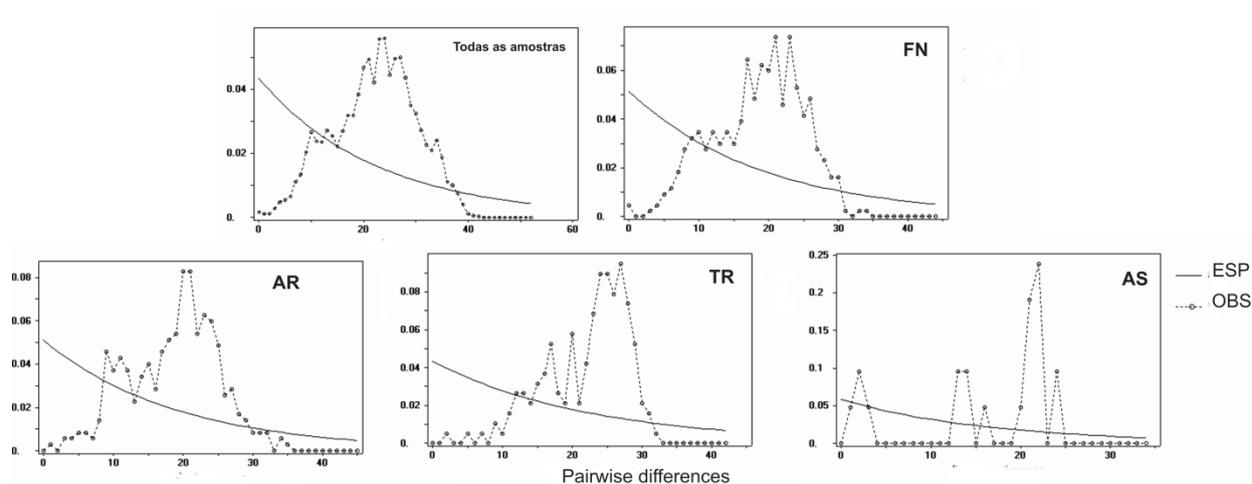


Fig. 5. Gráficos de distribuição *mismatch* da região controle (DNAm_t) de populações do caranguejo *Johngarthia lagostoma* de ilhas oceânicas do Atlântico, para todas as

amostras; FN: Fernando de Noronha; AR: Atol das Rocas; TR: Ilha de Trindade; AS: Ilha de Ascensão.

Discussão

Os resultados do presente estudo se destacam por apresentar novas e importantes informações para uma espécie endêmica e insular semi-terrestre com um marcador genético que demonstra a história evolutiva de um quadro mais atual das populações. Recentemente, foi observada a conectividade e estrutura genética da espécie, com uma região mitocondrial mais conservativa (para a espécie) (Rodriguez et al. 2016). No entanto, diferente dos estudos realizados com COI e 16S, o atual estudo revelou um grande fluxo gênico para as subpopulações do Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas com a ilha de Ascensão (ilhas equatoriais).

O alto fluxo gênico para as subpopulações de *J. lagostoma* entre as ilhas equatoriais (FN, AR e AS) foi evidenciado através dos valores dos índices de fixação (F_{ST} e Φ_{ST}), das percentagens dos perfis genéticos 1 e 3 dentro das três subpopulações e também pela topologia da árvore filogenética e rede haplotípica. Os perfis genéticos destacados em todas as análises, dois englobando FN, AR e AS e o outro predominantemente TR, foram diferentes do estudo realizado com *J. lagostoma* através do COI e 16 S., que evidenciou a presença de três unidades evolutivas significantes – Fernando de Noronha + Atol das Rocas / Trindade / Ascensão (Rodriguez et al. 2016).

O fluxo gênico entre as ilhas equatoriais do oceano Atlântico já havia sido descrito para algumas espécies marinhas que também apresentam fases pelágicas no seu ciclo-de-vida, como por exemplo, os estudos realizados com o polvo *Octopus insularis* (Leite & Haimovici, 2008), assim como, as pesquisas com *Grapsus grapsus*, que mostraram alta conectividade entre FN, AR e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (Leite et al. 2008; Teschima et al., 2016, respectivamente). Outro exemplo é a espécie de poliqueta *Eurythoe complanata* (Pallas 1766), que apresentou dois clados envolvendo as ilhas de FN, AR, ASPSP, Abrolhos (Brasil) e Ilha de São Tomé (África) (Barroso et al. 2010). Essa conectividade insular também foi registrada para o peixe recifal *Cephalopholis fulva* (Linnaeus, 1758) entre as ilhas de FN, AR e áreas costeiras do Nordeste Brasileiro (Souza et al. 2015).

O maior fluxo das larvas de *J. lagostoma* é provavelmente direcionado de Fernando de Noronha para o Atol das Rocas, visto que as ilhas se comportaram como uma única

população. Essas ilhas são banhadas pela Corrente Sul Equatorial que apresenta um fluxo no sentido Leste-Oeste, e já foi designada como propulsora de larvas, transportando as mesmas de diversos grupos de invertebrados, inclusive de larvas de caranguejos braquiúros, como registrado para FN através da contribuição ilha-larval para esse grupo (Lira, 2013).

A alta conectividade de *J. lagostoma* de FN+ AR com a população de AS foi relevante, visto que a espécie provavelmente apresenta pouco mais de 30 dias de fase pelágica, como é descrito para o gênero (Cuesta et al. 2007), e que outros estudos já demonstraram um grau de diferenciação para populações da espécie, utilizando os marcadores COI e 16 S (Rodriguez et al. 2016). O isolamento geográfico de mais de 2.000 Km entre a Ilha de Ascensão e demais ilhas estudadas, poderia mostrar alguma evidência de estruturação, como já foi indicado para espécies entre as ilhas ocidentais e orientais (Lessios et al. 2001; Kulbicki et al. 2013). Entretanto, as amostras obtidas para a região controle do DNA mitocondrial da espécie deste ambiente (AS) revelaram níveis altamente significativos de conectividade com FN e AR. O fluxo gênico entre as três ilhas provavelmente é favorecido nos meses de novembro e abril, que correspondem ao início e ao final do período de desova e assentamento da espécie (Hartnol et al. 2006; 2014), e são caracterizados por apresentar grande intensificação nas correntes. Os anos em que ocorre El Niño e os meses destacados são caracterizados por apresentar intensificações das correntes equatoriais (Rodrigues et al. 2007; Rudorff et al. 2009).

No complexo sistema de correntes que circundam as ilhas oceânicas do Atlântico Tropical, também se destaca a Contra Corrente Equatorial, com os ramos norte (CCEn) e sul (CCEs). Estas permanecem abaixo da CSE (50-200 m), no sentido oposto (Oeste–Leste) e apresentam temperaturas mais frias, com aproximadamente 20 °C (Freitas et al. 2014). Essas correntes podem ser responsáveis pela dispersão de algumas espécies marinhas no Oceano Atlântico (Wirtz 2003; Freitas et al. 2014), e foram indicadas de dispersar, por exemplo, poliquetas de ilhas de FN e ASPSP para a Ilha de São Tomé na África (Barroso et al. 2010). Dessa forma, o transporte de larvas provenientes do AR para FN, e destas para a ilha de Ascensão é possível. Entretanto, não se conhece a ecologia larval de *J. lagostoma*, e se as larvas da espécie podem ou não sobreviver em condições de temperatura, pressão e salinidade diferente das registradas nas águas superficiais.

A divergência filogeográfica da Ilha de Trindade com as outras ilhas também merece destaque como resultado dessa pesquisa. Os haplótipos originados desta população,

formando o haplogrupo 2, compuseram uma linhagem que divergiu dos haplótipos restantes. Essa população distinta também pode ser observada nas topologias filogenéticas e na rede haplotípica, e foi apoiada por valores elevados e significativos dos pares do F_{ST} das ilhas em relação à TR. O valor de Φ_{ST} também foi ponderado para a AMOVA geral, e apresentou uma maior ordem de grandeza quando os dados de todas as ilhas (FN, AR e AS) foram contrastados com aquelas da ilha de Trindade.

A estruturação genética registrada entre as ilhas de AS e TR sugere que o ramo Sul da Corrente Sul Equatorial fornece pouca ou nenhuma mistura de larvas de *J. lagostoma* entre estes ambientes ao longo de um extenso período evolutivo. Da mesma forma, um padrão similar deve ocorrer para as correntes que circundam as ilhas equatoriais e que chegam a TR por meio da CB. No entanto, o fato de um haplótipo de Trindade ser registrado no Atol das Rocas, e dois haplótipos do AR ocorrerem na ilha de Trindade, sugere que pode ter ocorrido algum vazamento larval entre essas ilhas, embora este possa ter ocorrido há cerca de milhões de anos.

Embora os resultados e métodos empregados na presente pesquisa não descrevam exatamente como estas correntes poderiam agir para isolar as populações de *J. lagostoma* de TR, ficou nítido que existe uma barreira que impede o fluxo gênico entre essa e as demais ilhas. As trocas de larvas poderiam ter ocorrido em outro momento histórico, como por exemplo, durante o Pleistoceno (2,6 milhões a 10 000 anos atrás) e mesmo até no último máximo glacial (cerca de 23 a 18 mil anos atrás). Nessas épocas, ocorreram diversas transgressões e progressões do nível do mar que modificaram completamente o fluxo e intensidade das correntes marinhas, influenciando significativamente a distribuição e fluxo gênico de inúmeras espécies (Lessios et al. 2001; Muss et al 2001; Rodríguez-Rey et al. 2013; Souza et al. 2015). Essas flutuações no nível do mar também fizeram surgir e desaparecer ilhas que atualmente estão imersas no Oceano Atlântico Tropical, e que poderiam por ventura, apresentar populações de *J. lagostoma* (Hartnoll et al. 2006; Hartnoll 2011).

Outros estudos que registraram o isolamento de espécies para a ilha de Trindade foram observados para as populações do peixe *Ophioblennius atlanticus* entre a ilha de Trindade e ilhas do meio do Atlântico (Muss et al. 2001) e para outros peixes recifais que contornam essa ilha, que são mais semelhantes aos peixes próximo a costa do que em relação às ilhas equatoriais (Rocha 2003; Kulbicki et al. 2013). Uma possibilidade é que as correntes oceânicas superficiais mais atuais não consigam transportar larvas de diversas

espécies de Decapoda de TR para outras ilhas, devido ao seu tempo de sobrevivência larval, como também podem ser alvo de alimentação para diversas espécies nesse ambiente oligotrófico (Brandão et al. 2012; Lira et al. 2014).

História demográfica

No presente estudo foram registrados altos valores de diversidade haplotípica e nucleotídica, que poderiam significar uma longa história evolutiva e uma grande expansão populacional (Avice et al. 1984; Farhadi et al. 2013, Fernández et al. 2013). Entretanto, essa alta diversidade genética pode estar relacionado à enorme taxa de fecundidade registrada para fêmeas de caranguejos, que inclusive já foi registrada para a própria espécie (Hartnoll et al. 2006) e são comuns para várias espécies de caranguejos semi-terrestres (Oliveira-Neto et al. 2007; 2008; Turner et al. 2013; Weeks et al. 2014; Amaral et al. 2015), bem como para outros grupos de Decapoda (Farhadi et al. 2013; Fernádes et al. 2013; Rodríguez-Rey et al. 2013).

As distribuições *mismatch* mostraram uma expansão recente e multimodal para as populações (Rogers e Harpending, 1992). Os diversos picos registrados podem ser resultado da presença de pelo menos dois haplogrupos diferentes dentro de cada ilha, como também pode ser atrelado aos vários passos mutacionais que separam as populações. A ilha de AS apresentou uma distribuição multimodal, mas com um dos picos bem separado dos demais.

Implicações para a Conservação da espécie

A espécie *J. lagostoma* é classificada como ameaçada de extinção (Coelho et al. 2008; Machado et al. 2008), contudo, os resultados gerados nessa pesquisa descreveram um alto fluxo gênico entre as ilhas equatoriais e altos valores de diversidade, que indicam um melhoramento no estado de conservação da espécie. No entanto, o fluxo gênico ao longo do tempo evolutivo não significa necessariamente que as populações estão fortemente ligadas em termos demográficos (Oliveira-Neto et al. 2008). Dentro das ilhas pode, por exemplo, haver uma taxa muito baixa de recrutamento de juvenis. Além disso, a alta diversidade genética no grupo de Crustáceos, incluindo os caranguejos, são comuns mesmo para espécies endêmicas de uma única ilha (Turner et al. 2011; Week et a. 2014).

Perante a situação da espécie, os resultados da presente pesquisa para as ilhas de FN, AR e AS precisam ser associados a estudos ecológicos, como por exemplo, sobre taxa de recrutamento, e mesmo a outros estudos com regiões moleculares mais conservativas. Dessa forma, as medidas de gerenciamento atuais aplicadas para a espécie *J. lagostoma* (Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003/PORTARIA MMA Nº 98, DE 28 DE ABRIL DE 2015) deverão continuar em vigor.

Na ilha de Fernando de Noronha, mesmo com aplicação de elevados valores de multa e de serviços públicos para os infratores, os impactos relacionados oriundos principalmente do consumo do animal e também do tráfico ilegal dos mesmos, continuam sendo realizados com animais apreendidos dentro e fora da ilha (Lira et al dados não publicados). Dessa forma, se a espécie fosse reclassificada, a mesma poderia entrar rapidamente em colapso, por apresentar hábitos exclusivamente terrestres e restritos às quatro ilhas. O consumo intenso da espécie diminuiria consequentemente o tamanho efetivo da população e, em última análise, a própria diversidade genética, aumentando novamente o risco de extinção.

A descrição da história evolutiva de *J. lagostoma* trouxe dados inéditos que podem ser usados como subsídio no desenvolvimento de estratégias de conservação da espécie e também poderá ser usado como exemplo para espécies que apresentam ciclo de vida e habitat semelhantes.

A Ilha da Trindade, por ser uma área militar, não apresenta as mesmas diretrizes e gerenciamento das Unidades de conservação brasileiras. Portanto, através dos resultados de estruturação desse e de outros estudos, a ilha deveria ser observada de uma maneira diferenciada para o manejo e conservação de espécies.

Agradecimentos

Ao Financiamento do projeto pela Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza (processo 0959/20122), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de pós-graduação e auxílio Bolsa de doutorado de Lira, SMA, de Produtividade em Pesquisa de Torres, R. e Schwamborn, R. e ao auxílio técnico do INCT amb Tropic Ciências do Mar em Ambientes Tropicais. À chefe da reserva do Atol das Rocas, Maurizélia de Brito e ao Ricardo Araújo, Marcos Aurélio e Viviane Vilella do ICMBio (Fernando de Noronha), por todo apoio logístico e auxílio em campo, como

também pela licença SISBIO (solicitação 26524). Agradecemos imensamente a Ivar do Sul, J. e Simon, T. E. pelas coletas realizadas na Ilha de Trindade . Aos pesquisadores: Lima, C; Lipp, D; Santos, G; Santos, E; Teixeira, I, pelo auxílio em campo nessa parte metodológica do projeto e ao Programa de pós-graduação em Oceanografia da UFPE, qual a primeira autora tem vínculo atual.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados nessa tese demonstram a importância do grupo de Decapoda para as ilhas Oceânicas do Atlântico Tropical, principalmente em relação à contribuição dos mesmos para a diversidade e disponibilidade de biomassa para o ambiente pelágico. Utilizando os diversos métodos direcionados para o grupo nas ilhas oceânicas do Atlântico Tropical, foi possível chegar a algumas conclusões:

- 1- A partir desse estudo, são reconhecidos 70 táxons de decápodes planctônicos distribuídos em três ambientes insulares das áreas oceânicas do Oceano Atlântico Tropical, com 16 novas ocorrências para a área;
- 2- A espécie *Amphionides reynaudii* apresenta sua distribuição ampliada para o oeste do Atlântico Tropical;
- 3- O morfotipo larval *Cerataspis monstrosa* apresenta sua distribuição ampliada para o oeste do Atlântico Equatorial;
- 4- Existe uma nova larva de Decapoda (*Naushonia* sp.) descrita para o Arquipélago de Fernando de Noronha;
- 5- Foi possível observar que a jusante da ilha há um aumento significativo da abundância e do biovolume para vários grupos de decápodes, comprovando o efeito ilha larval para o Arquipélago de Fernando de Noronha;
- 6- São descritos dois diferentes grupos de decápodes planctônicos no Arquipélago de Fernando de Noronha: Na região a jusante são agrupadas larvas de espécies bentônicas, enquanto na área a montante há uma contribuição de larvas holoplanctônicas e fases avançadas de filossomas;
- 7- É possível observar uma contribuição larval de decápodes na transferência de energia para as teias tróficas pelágicas, atribuídas às populações parentais bentônicas das encostas insulares;
- 8- A alta diversidade genética associada ao alto fluxo gênico indica que a espécie *J. lagostoma* apresenta um bom estado de conservação nas ilhas oceânicas brasileiras;
- 9- A região controle (D'Loop) de DNAm_t é uma ferramenta útil na gestão de ambientes insulares;

10- A espécie *J. lagostoma* não é uma população panmítica em sua distribuição nas ilhas do Atlântico, onde os espécimes de FN, AR e AS constituem uma população geneticamente diferenciada da população da Ilha Trindade;

11- Para o manejo da espécie, os espécimes das ilhas de FN, AR e AS devem ser considerados uma unidade de manejo diferenciada da ilha de Trindade.

Em suma, foi possível observar que as diversas técnicas utilizadas para estudar as comunidades de decápodes em ilhas oceânicas podem ser empregadas em conjunto para uma descrição do grupo dentro desses ecossistemas marinhos. Estudos taxonômicos associados aos de diversidade são de fundamental importância para o acompanhamento de eventuais e possíveis alterações ambientais e, dessa forma, devem ser feitos de forma continuada. O estudo da contribuição em tamanho e biovolume dos decápodes planctônicos utilizando o aparelho ZooScan foi uma ferramenta valiosa para mostrar a contribuição em biovolume e, conseqüentemente, em biomassa, deste grupo em um ambiente considerado de grande valor ambiental e pesqueiro no Atlântico tropical. Também foi possível observar que apesar da baixa abundância de decápodes dentro da comunidade macrozooplânctônica, eles apresentam uma importante contribuição em biovolume na região de Fernando de Noronha. Dessa forma, é sugerido que estudos em outros anos, períodos e ilhas sejam realizados para poder verificar a importância desse grupo dentro desses ambientes. Em relação às técnicas moleculares, foi descrito o grau de conectividade e estruturação de uma espécie que apresenta apenas a fase larval para se dispersar pelas correntes oceânicas. Com os resultados desse estudo, podem ser criadas hipóteses fundamentadas para outras espécies com ciclos de vidas similares ao de *J. lagostoma*, que habitam ilhas oceânicas. Também foi possível ressaltar mais uma vez que estudos utilizando a região controle (D' loop) apresentam maiores resoluções para inferir a conectividade e estruturação genética, e assim inferindo com melhor êxito sobre a conservação e criação de diretrizes para espécies ameaçadas em ilhas oceânicas brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, F. A.; ABRUNHOSA, J. P.; COSTA, R. M. The early larval stages of phyllosomas of the spiny lobsters *Panulirus echinatus* and *P. laevicauda* (Decapoda: Palinuridae). **Nauplius**, v. 12, n. 1, p. 21-29, 2004.
- ABRUNHOSA, F. A.; SANTIAGO, A.; ABRUNHOSA, J. P. The early phyllosoma stages of spiny lobster *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda: Palinuridae) reared in the laboratory. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 1, p. 179-186, 2008.
- AHYONG, S. T. et al. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. In: ZHANG Z-Q (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, v. 3148, p. 165-191, 2011.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- AL KHOLY, A. A.; FIKRY, M. M. Some larval stages of *Sergestes* sp. and *Synalpheus biunguiculatus* (Stimpson). **Publications of the Marine Biological Station, Ghardaqa**, v. 14, 1967.
- ALMEIDA, F. F. M. Arquipélago de Fernando de Noronha-Registro de monte vulcânico do Atlântico Sul. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, Brasília: DNPM/CPRM-Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP)**, p. 361-368, 2002.
- ALVAREZ, C. E. de et al. **A primeira e a segunda Estação Científica**. In: O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 Anos de Estação Científica. Brasília – DF v. 1, n. 1, p. 16–26, 2009.
- ALVAREZ, F.; VILLALOBOS, J. L.; ILIFFE, T. M. *Naushonia manningi*, New Species (Decapoda: Thalassinidea: Laomediidae) From Acklins Island, Bahamas. **Journal of Crustacean Biology**, v. 20, n. 5, p. 192–198, 2000.
- _____. A new species of mud shrimp of the genus *Espeleonaushonia* Juarrero & Martínez-Iglesias, 1997 (Decapoda: Gebiidea: Laomediidae) from Palau. **Zootaxa**, v. 2429, p. 61-68, 2010.
- ALVES, M. D. L.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G. F. S. Checklist of the decapods (Crustacea) from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Zootaxa**, n. 1881, p. 43-68, 2008.
- AMARAL, M. R. X. et al. Mitochondrial DNA Variation Reveals a Sharp Genetic Break within the Distribution of the Blue Land Crab *Cardisoma guanhumi* in the Western Central Atlantic. **Molecules**, v. 20, p. 15158–15174, 2015.

ANDERSEN, N. M.; CHENG, L. The marine insect *Halobates* (Heteroptera: Gerridae): biology, adaptations, distribution, and phylogeny. **Oceanography and marine biology: an annual review**, v. 42, p. 119-180, 2004.

ANGER, K. **The biology of decapod crustacean larvae**. In: Vonk, R. (Ed) Crustacean Issues, A. A. Balkema Publishers, Lisse. v. 14, p. 419, 2001.

ANKER, A. *Naushonia draconis* sp. nov., a heavily armoured mud shrimp from the Caribbean Sea, and taxonomic status of *Espeleonaushonia* Juarrero & Martínez-Iglesias, 1997 (Decapoda: Gebiidea: Laomediidae). **Marine Biology Research**, v. 10, n. 8, p. 755-770, 2014.

ANKER, A. et al. On some interesting marine decapod crustaceans (Alpheidae, Laomediidae, Strahlaxiidae) from Lombok, Indonesia. **Zootaxa**, v. 3911, n. 3, p. 301–342, 2015.

APABLAZA, D. B. F. **Distribuição de Copepoda (Crustacea) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP): Variação temporal e espacial**. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ARAÚJO, M. et al. Salinity-induced mixed and barrier layers in the southwestern tropical Atlantic Ocean off the northeast of Brazil. **Ocean Science**, v. 7, p. 63–73, 2011.

ARIZA, A. et al. Vertical distribution, composition and migratory patterns of acoustic scattering layers in the Canary Island. **Journal of Marine Systems**., v. 157, p. 82–91, 2016.

ARÍSTEGUI, J. et al. Island-induced eddies in the Canary Islands. **Deep Sea Research Part I**, v. 41, p. 1509-1525, 1994.

ARÍSTEGUI, J. et al. The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. **Deep-Sea Research Part I**, v. 44, p. 71-96, 1997.

ARÍSTEGUI, J. et al. The seasonal planktonic cycle in coastal waters of the Canary Islands. **Scientia Marina**, v. 65, p. 51-58, 2001.

ARÍSTEGUI, J.; MONTERO, F. Temporal and spatial changes in plankton respiration and biomass in the Canary Island region: the effect of mesoscale variability. **Journal of marine systems**, v. 54, p. 65-82, 2005.

ASSUNÇÃO, R. V. Spatial-Temporal Variability of the Thermohaline Properties in the Coastal Region of Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 75, p. 512–516, 2016.

ATKINS, F. B. et al. Oxford expedition to Ascension Island. **Nature**, v. 204, p. 722-724, 1964.

AVISE, J. C.; NEIGEL, J. E.; ARNOLD, J. Demographic influences on mitochondrial DNA lineage survivorship in animal populations. **Journal of Molecular Evolution**, v. 20, p. 99–105, 1984.

BAISRE, J. A.; DE QUEVEDO, M. E. R. Two phyllosome larvae of *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817)(Decapoda, Palinuridae) from the Caribbean Sea with a discussion about larval groups within the genus. **Crustaceana**, v. 43, n. 2, p. 147-153, 1982.

BALLÓN, M et al. Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. **Progress in Oceanography**, v. 91, p. 360–381, 2011

BARROSO, R. et al. *Eurythoe complanata* (Polychaeta: Amphinomidae), the ‘cosmopolitan’ Fireworm, consists of at least three cryptic species. **Marine Biology**, v.157, p. 69–80, 2010.

BARTH, R. **Estudos sobre *Lucifer reynaudi* como indicador de águas tropicais.** 1963.

BATE, C. S. 1888. **Report on the Crustacea *Macrura* collected by the H. M. S. Challenger during the years 1873–76.** Report on the scientific Results of the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873–76, v. 24, i–xc, p. 1–942, 1888.

BENEVIDES, E. A. et al. When physical oceanography meets population genetics: The case study of the genetic/evolutionary discontinuity in the endangered goliath grouper (*Epinephelus itajara*; Perciformes: Epinephelidae) with comments on the conservation of the species. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 56, p. 255-266, 2014.

BEZERRA-JÚNIOR, J. L. **Malaco e ictioneuston da zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (REVIZEE).** 108f Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

BJÖRNBERG, T. K. S. Occurrence of *Amphioxides pelagicus* (Günther) in Fernando de Noronha Island Plankton. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 5 p. 83-86, 1954.

BJÖRNBERG, T.; FORNERIS, L. On the uneven distribution of the copepoda of the Alcatrazes area. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 7, n. 1-2, p. 113-118, 1956.

BJORNBERG, T. K. S. Copepoda, p. **Atlas del Zooplankton del Atrantico Sudoccidental y Metodos de Trabajo con Zooplankton Marino**, p. 587-679, 1981.

BLANCHARD, J. L. et al. How does abundance scale with body size in coupled size-structured food webs? **Journal of Animal Ecology**, v. 78, n. 1, p. 270-280, 2009.

BONNIER, J. Sur les Peneides du genre *Cerataspis*. **Miscellanies biology, Giards Festschrift**, p. 27–49, 1899.

- BOUVIER, E. L. **Observations complementaires sur les Crustaces Decapodes provenant des campagnes de S. A. S. le Prince de Monaco.** Imprimerie de Monaco, v. 62, 1922.
- BOWMAN, T. E.; MCCAIN, J. C. Distribution of the planktonic shrimp, *Lucifer*, in the Western North Atlantic. **Bulletin of Marine Science**, v. 17, n. 3, p. 660-671, 1967.
- BRACKEN-GRISSOM, H. D. et al. Phylogenetics links monster larva to deep-sea shrimp. **Ecology and Evolution**, v. 2, p. 2367–2373, 2012.
- BRADFORD-GRIEVE, J. M. et al. Pelagic ecosystem structure and functioning in the Subtropical Front region east of New Zealand in austral winter and spring 1993. **Journal of Plankton Research**, v. 21, n. 3, 1999.
- BRANDÃO, M. C., KOETTKER, A. G.; FREIRE, A. S. Distribution of decapod larvae in the surface layer of an isolated equatorial oceanic archipelago: the capes of benthic *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) and pelagic *Sergestes edwardsi* (Dendrobranchiata: Sergestidae). **Helgoland Marine Research**, v. 67, p. 1-11, 2012.
- BRANDÃO, M. C.; KOETTKER, A. G.; FREIRE, A. S. Abundance and composition of decapod larvae at Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantic). **Marine Ecology**, v. 34, n. 2, p. 171-185, 2013a.
- _____. Distribution of decapod larvae in the surface layer of an isolated equatorial oceanic archipelago: the capes of benthic *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) and pelagic *Sergestes edwardsi* (Dendrobranchiata: Sergestidae). **Helgoland Marine Research**, v. 67, p. 1-11. 2013b.
- BRANDINI, F. P. et al. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil - Diagnose e revisão Bibliográfica.** Fundação de Estudos do MAR-FEMAR, 195p., 1997.
- BROOKS, W. K. *Lucifer*: a study in morphology. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 173, p. 57-137, 1882.
- BROOKS, W. K.; HERRICK, F. H. **The embryology and metamorphosis of the Macrura.** Memoirs of the National Academy of Sciences, Washington, v. 5, p. 321–576, 1891.
- BURKENROAD, M. D. The Aristaeinae, Solenocerinae and pelagic Penaeidae of the Bingham Oceanographic collection. **Bulletin of the Bingham Oceanography**, v. 5, n. 2, p. 1-151, 1936.
- BUTLER IV, M. J. et al. Behavior constrains the dispersal of long-lived spiny lobster larvae. **Marine Ecology Progress Series**, v. 422, p. 223-237, 2011.
- CALAZANS, D. Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the southern brazilian coast. **Nauplius**, v. 1, p. 45-62, 1993.

CANALES, G. R. V. et al. **O uso da acústica multifrequência na caracterização das comunidades pelágicas em Ilhas Oceânicas do Atlântico Sul, Brasil**. 60f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

CARAYON, J. Sur le stade glaucothoe du pagure *Clibanarius misanthropus* et sur l'établissement de la dissymétrie chez les pagures. Comparaison avec *Glaucothoe grimaldii*. C. R. Hebd. Seanc. **Academy Science Paris**, v. 214, p. 387-389, 1942.

CARDOSO, I. A.; FALKENHAUG, T.; FERNANDES, L. F. L. Comparison between the shrimp species richness (Caridea and Dendrobranchiata, Decapoda, Crustacea) of the south and north Mid-Atlantic Ridge. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 62, p. 47–56, 2014.

CARLIN, J. L.; ROBERTSON, D. R.; BOWEN, B.W. Ancient divergences and recent connections in two tropical Atlantic reef fishes *Epinephelus adscensionis* and *Rypticus saponaceus* (Percoidei: Serranidae). **Marine Biology**, v. 143, p. 1057–1069, 2003.

CARVALHO, F. L.; DE GRAVE, S.; MANTELATTO, F. L. An integrative approach to the evolution of shrimps of the genus *Palaemon* (Decapoda, Palaemonidae). **Zoologica Scripta**, v. 46, n. 4, p. 473-485, 2017.

CAVALCANTI, E. A. H.; LARRAZÁBAL, M. E. L. Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica-REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 3, p. 467-475, 2004.

CHACE, F. A. **Decapod crustaceans from St. Helena Island, South Atlantic**. **Proceedings of the United States National Museum**, Smithsonian Press, v. 3536, p. 623-661. 1966.

CLARK, D. R.; AAZEM, K. V.; HAYS, G. C. Zooplankton abundance and community structure over a 4000 km transect in the north-east Atlantic. **Journal of Plankton Research**, v. 23, n. 4, p. 365-372, 2001.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. Similarity-based testing for community pattern: the 2-way layout with no replication. **Marine Biology**, v. 118, p. 167-176, 1994.

COELHO FILHO, P. A. Checklist of the Decapods (Crustacea) from the outer continental shelf and seamounts from Northeast of Brazil REVIZEE Program (NE III). **Zootaxa**, v. 1184, p. 1–27, 2006.

COELHO, P. A.; MELO, G. A. S. *Gecarcinus lagostoma* H. Milne Edwards, 1835. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (ed) **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**, Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008.

COELHO, P. A.; RAMOS, M. A. A constituição e a distribuição da fauna de decápodos do litoral leste da América do Sul entre as latitudes de 5°N e 39°S. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 13, p. 133-236, 1972.

COELHO, P. A.; ALMEIDA, A. O.; BEZERRA, L. E. A. Checklist of the marine and estuarine Brachyura (Crustacea: Decapoda) of northern and northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 1956, p. 1–58, 2008.

COELHO, P. A. et al. Diversity and distribution of the marine and estuarine shrimps (Dendrobranchiata, Stenopodidea and Caridea) from North and Northeast Brazil. **Zootaxa**, v. 1221, p. 41-62, 2006.

COELHO, P. A.; RAMOS-PORTO, M. **Malacostraca. Eucarida. Stenopodidea. Catalogue of Crustacea of Brazil**, Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 323-324, 1998.

COLEMAN, M. A. et al. Connectivity within and among a network of temperate marine reserves. **PLoS One**, v. 6, e20168, 2011.

COOK, H. L. A generic key to the protozoan, mysis and postlarval stages of the littoral penaeidae of the northwestern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service**, v. 65, n. 2, p. 437-447, 1966.

CORANDER, J.; MARTTINEN, P. Bayesian identification of admixture events using multi-locus molecular markers. **Molecular Ecology**, v. 15, p. 2833-2843, 2006.

CORDEIRO, T. A. et al. Deep Chlorophyll Maximum in Western Equatorial Atlantic - How does it interact with Islands Slopes and Seamounts? **ICES Journal of Marine Science**, v. 3, p. 30–37, 2013.

CORREIA, E. P. **Migração vertical do microzooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. 48f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014

COSTELLO, M. J.; EMBLOW, C. S.; WHITE, R. J. European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. **Muséum National d'Histoire Naturelle**, 2001.

COSTA, A. E. S. F. D et al. Community structure of the Tintinnids (Ciliophora: Spirotrichea) in the region of Abrolhos (Bahia, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 1, p. 51-61, 2015.

CRIALES, M. M.; MCGOWAN, M. F. 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**, v. 53, n. 3, p. 973-984, 1993.

CROSNIER, A.; FOREST, J. Les crevettes profondes de l'Atlantique orientale tropical. **Faune Tropicale**, v. 19, p. 1–409, 1973.

CUESTA, J. A. et al. Morphology and growth of the larval stages of *Geograpsus lividus* (Crustacea, Brachyura), with the descriptions of new larval characters for the Grapsidae and an undescribed setation pattern in extended developments. **Acta Zoologica**, v. 92, p. 225–240, 2011.

CUESTA, J. A.; GARCÍA-GUERRERO, M. U.; HENDRICKX, M. E.; The Complete larval development of *Johngarthia planatus* (Brachyura: Grapsoidea: Gecarcinidae) described from laboratory reared material, with notes on the affinity of *Gecarcinus* and *Johngarthia*. **Journal of Crustacean Biology**, v. 27, n. 2, p. 263-277, 2007.

CUNHA, I. M. C. et al. Genetic Multipartitions Based on D-Loop Sequences and Chromosomal Patterns in Brown Chromis, *Chromis multilineata* (Pomacentridae), in the Western Atlantic. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1-11, 2014.

COFFIER, L.; SMOUSE, P. E.; QUATTRO, J. M. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. **Genetics**, v. 131, p. 479–491, 1992.

D'INCAO, F. **Taxonomia, Padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do litoral brasileiro**. 365p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

D'INCAO, F. Espécies do gênero *Lucifer* Thompson, 1829 no litoral brasileiro (Decapoda: Luciferidae). **Nauplius**, Rio Grande, v. 5, n. 2, p. 139-145, 1997.

_____. Malacostraca. Eucarida. Dendrobranchiata. **Catalogue of Crustacea of Brazil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 311-321, 1998.

_____. The Brazilian species of the family Aristeidae Wood-Mason (Crustacea: Decapoda). **Journal of Natural History**, v. 32, n. 10-11, p. 1509-1518, 1998.

D'ACQZ, U. Inventaire et distribution des crustacés décapodes de l'Atlantique nord-oriental, de la Méditerranée et des eaux continentales adjacentes au nord de 25 N. **Patrimoines Naturels (Muséum National d'Histoire Naturelle, Service du Patrimoine Naturel, Paris)**, v. 40, p. i-x+ 1-383, 1999.

DAI, L. et al. Zooplankton abundance, biovolume and size spectra at western boundary currents in the subtropical North Pacific during winter 2012. **Journal of Marine Systems**, v. 155, p. 73-83, 2016.

DAI, L. et al. Zooplankton abundance, biovolume and size spectra down to 3000m depth in the western tropical North Pacific during autumn 2014. **Deep Sea Research Part I**, v. 121, p. 1-13, 2017.

DALL, W. et al. **Biology of the Penaeidae, Advances in Marine Biology**. Academic, London, v. 27, 1990.

DALL, W. Australian species of Aristeidae and Benthescymidae (Penaeoidea: Decapoda). **Memoirs-Queensland Museum**, v. 46, n. 2, p. 409-442, 2001.

DE ALMEIDA, A. O. et al. Crustáceos decápodos estuarinos de Ilhéus, Bahia, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006.

DECHANCÉ, M.; FOREST, J. Les glaucothoés de *Catapaguroides timidus* (Roux) et de *Clibanarius erythropus* (Latreille). Remarques sur le stade post-larvaire des pagurides. **Bulletin de la Société zoologique de France**, v. 83, p. 274-293, 1958.

DE GRAVE, S. A. Classification of Living and Fossil Genera of Decapod Crustaceans. **Raffles Museum of Biodiversity Research**, n. 21, p. 1-109, 2009.

DE GRAVE, S. et al. Phylogenetics reveals the crustacean order Amphionidacea to be larval shrimps (Decapoda: Caridea). **Scientific Reports**, v. 5, p. 17464, 2015.

DE GRAVE, S. et al. An update checklist of the marine Decapoda of Ascension Island, central Atlantic Ocean. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p. 1-12, 2014.

DE GRAVE, S.; FRANSEN, C. H. J. M. Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). **Zoologische Mededelingen**, v. 85, p. 195, 2011.

DIAS, C. O. et al. Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 95, n. 3, p. 483-496, 2015

DÍAZ, X. F. G.; GUSMÃO, L. M. D. O.; NEUMANN-LEITÃO, S. New record of *Thalia cicar* van Soest 1973 (Urochordata: Thaliacea) in the Equatorial Atlantic. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 0-0, 2008.

DÍAZ et al. 2007. **Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil)**. 84f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

DOTY, M. S.; OGURY, M. The island mass effect. **Journal Du Conseil Permanent International pour le Exploration de la Mer**, v. 22, p. 33-37, 1956.

DOWER, J. F.; MACKAS, D. L. "Seamount effects" in the zooplankton community near Cobb Seamount. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 43, n. 6, p. 837-858, 1996.

DWORSCHAK, P. C.; MARIN, I.; ANKER, A. A new species of *Naushonia* Kingsley, 1897 (Decapoda: Thalassinidea: Laomediidae) from Vietnam and the Philippines with notes on the genus *Espeleonaushonia* Juarrero & Martínez-Iglesias, 1997. **Zootaxa**, v. 1372, p. 1-16, 2006.

EDWARDS, A.; LUBBOCK, R. Marine zoogeography of St Paul's Rocks. **Journal of Biogeography**, v. 10, n. 1, p. 65-72, 1983.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2/3, p. 113-132, 1999.

EKAU, W. Topographical and hydrographical impacts on zooplankton community structure in the Abrolhos Bank region, East Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2/3, p. 307-320, 1999.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, v. 10, p. 564-567, 2010.

FARHADI, A. et al. Mitochondrial DNA population structure of the scalloped lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus 1758) from the West Indian Ocean. **ICES Journal of Marine Science**, v. 70, n. 7, p. 1491–1498, 2013.

FAUSTO FILHO, J. **Brachycarpus holthuisi**, nova espécie de crustáceo do Brasil (Decapoda palaemomidae), **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 123-125, 1966.

FAUSTO-FILHO, J. 1974. Stomatopod and decapod crustaceans of the Archipelago of Fernando de Noronha, Northeastern Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 14, p. 1-35, 1974.

FELDER, D. L. et al. Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with comments on the Amphionidacea. **Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota**, v. 1, p. 1019-1104. 2009.

FERNANDES, L. D. A. et al. Larvas de Decapoda. In: BONECKER, S. L. C. (Org.). **Atlas de Zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira**, Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 147-165, 2006.

FERNANDES, L. D. A. et al. Larvae of the family Stenopodidae (Crustacea: Stenopodidea) from South Atlantic Ocean. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 90, n. 4, p. 735-748, 2010.

FERNANDES, L. D. A.; BONECKER, S. L. C. The first record of *Naushonia* (Thalassinidea, Laomeiidae) from the South Atlantic and the larval development of a probably new species. **Crustaceana**, v. 81, p. 963–977, 2008.

FOREST, A. et al. Size distribution of particles and zooplankton across the shelf-basin system in southeast Beaufort Sea: combined results from an Underwater Vision Profiler and vertical net tows, **Biogeosciences**, v. 9, p. 1301-1320, 2012.

FERRARI A.; RICCOMINI C. Campo de esforços Plio-Pleistoceno na Ilha de Trindade (Oceano Atlântico Sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 2, p. 195–202, 1999.

FOXTON, P. The Vertical Distribution of Pelagic Decapods [Crustacea: Natantia] Collected on the Sond Cruise 1965 I. The Caridea. **Journal of The Marine Biological Association Of The United Kingdom**, v. 50, n. 04, p.961-976, 1970a.

_____. The vertical distribution of pelagic decapods (Crustacea: Natantia) collected on the SOND cruise 1965 II. The penaeidea and general discussion. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 50, p. 961-1000, 1970b.

_____. A new species of the genus *Acantheephyra* [Crustacea: Natantia]: first discovered and described in MS notes by Dr Stanley W. Kemp. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 51, n. 1, p. 33-41, 1971c.

FRANKS, J. S.; FLOWERS, A. R. First Record of *Ceratopsis monstrosa*, a Larval Oceanic Penaeoid Crustacean, From the Gulf of Mexico. **Gulf and Caribbean Research**, v. 20, n. 1, p. 87-89, 2008.

FRANSEN, C. H. J. M. Order Amphionidacea Williamson, 1973. In: SCHRAM, F.M.R.; Von Vaupel Klein, J.C. (eds.) **Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology – The Crustacea, Decapoda**, Part A, v. 9, p. 83–95. 2010.

FREITAS R. et al. The occurrence of *Sparisoma frondosum* (Teloestei: Labridae) in the Cape Verde Archipelago, with a summary of expatriated Brazilian endemic reef fishes. **Marine Biodiversity**, v. 44, p. 173–179. 2013

FU, Y-X. Statistical test of neutrality of mutations against population growth, hitchhiking and background selection. **Genetics**, v. 147, p. 915–925, 1997.

GAETA, S. A. et al. Environmental forcing on phytoplankton biomass and primary productivity of the coastal ecosystem in Ubatuba region, southern Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, n. 1, p. 11-27, 1999.

GAETA, J. C. et al. Update on the lobster species from Rocas Atoll Marine Reserve, Brazil. **Check List**, v. 11, n. 4, p. 1705, 2015.

GALLIENNE, C.P.; ROBINS, D.B.; WOODD-WALKER, R.S. Abundance, distribution and size structure of zooplankton along a 20° west meridional transect of the northeast Atlantic Ocean in July. **Deep-Sea Research Part II**, v. 48, p. 925–949, 2001.

GAMA-MAIA, D. J.; TORRES, R. A. Fine scale genetic-structuring, divergent selection, and conservation prospects for the overexploited crab *Cardisoma ganhumi* in tropical mangroves from Northeastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2015.

GARCÍA-COMAS, C., et al. Mesozooplankton size structure in response to environmental conditions in the East China Sea: How much does size spectra theory fit empirical data of a dynamic coastal area? **Progress in Oceanography**, v. 121, p. 141-157, 2014.

GLAZIER, D. S. Beyond the '3/4-power law': Variation in the intra- and interspecific scaling of metabolic rate in animals. **Biological Review**, v. 80, p. 611–662, 2005.

GORSKY, G. et al. Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. **Journal of Plankton Research**, v. 32, n. 3, p. 285–303, 2010.

GOVE, J. M et al. Near-island biological hotspots in barren ocean basins. **Nature Communications**, v. 7, p. 1–7, 2016.

GOY, J. W.; PROVENZANO, JR. A. J. Larval development of the rare burrowing mud shrimp *Naushonia crangonoides* Kingsley (Decapoda: Thalassinidea; Laomediidae). **The Biological Bulletin**, v. 154, n. 2, p. 241-261, 1978.

_____. Juvenile morphology of the rare burrowing mud shrimp *Naushonia crangonoides* Kingsley, with a review of the genus *Naushonia* (Decapoda: Thalassinidea: Laomediidae). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 92, n. 2, p. 339–59, 1979.

_____. *Microprosthema emmiltum*, new species, and other records of stenopodidean shrimps from the eastern Pacific (Crustacea: Decapoda). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 100, n. 4, p. 717-725, 1987.

_____. Infraorder Stenopodidea Claus 1872. **Treatise on zoology–anatomy, taxonomy, biology. The Crustacea, Decapoda**, v. 9, n. Part A, p. 215-265, 2010.

GRAY, J. *Spicilegia zoologica; or original figures and short systematic descriptions of new and unfigured animals. Treuttel, Wurtz & Co., London, UK*, v. 2, p. 9–12, 1830.

GREGATI, R. A.; PINHEIRO, A. P.; COBO, V. J. New records of *Stenopus hispidus* Olivier (Stenopodidae) and *Enoplometopus antillensis* Lütken (Enoplometopidae) in the Southeastern Brazilian coast. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 1, n. 1, p. 20-23, 2006.

GROSJEAN, P. et al. Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. **ICES Journal of Marine Science**, v. 61, n. 4, p. 518-525, 2004.

GUÉRIN-MÉNEVILLE, F. E. **Crustacés**. In: Laplace, M. *Voyage autour du monde par les Mers de l'Inde et de Chine exécuté sur la corvette de l'État la Favorite pendant les années 1830, 1831 et 1832*. Paris: Imprimerie Royale, v. 5, n. 2, p. 169–176, 1839.

GUIDI, L. et al. Plankton networks driving carbon export in the oligotrophic ocean. **Nature**, v. 532, n. 7600, p. 465, 2016.

GURNEY, R. Crustacea. IX Decapod larvae, **Terra Nova Expedition 1910**, Nat. Hist. Rep. British Antarctic, v. 8, p. 37-202, 1924.

_____. Results of the Cambridge expedition to the Suez Canal. XV. Report on the larvae of the Crustacea Decapoda. **Transactions of the Zoological Society of London**, v. 22, p. 231-286, 1927.

_____. **Larvae of decapod Crustacea Part II, Amphionidae**. Discovery reports, London, England, v. 12, p. 377-440, 1936.

_____. **Larvae of Decapod Crustacea**, London, England, 306 p., 1942

_____. The larval development of two Penaeid prawns from Bermuda of the genera *Sicyonia* and *Penaeopsis*. **Proceedings of the Zoological Society of London**, v. 113, p. 1-16, 1943.

_____. **Bibliography of the larvae of decapod crustacea and larvae of decapod crustacean**. Discovery Reports, Ray Society, 94p., 1960.

GURNEY, R.; LEBOUR, M.V. LXX. The Larvae of the Decapod Genus *Naushonia*. **Journal of Natural History**, v. 3, n. 18, p. 609-614, 1939.

_____. **Larvae of Crustacea Decapoda VI**. The genus *Sergestes*. **Discovery Report**., v. 20, p. 1-68, 1940.

HANSEN, H. J. Crustaces Decapodes (Sergestides) provenant des campagnes des yachts "Hirondelle" et "Princesse Alice" (1885-1915). **Res. Camp. Sci. Pr. Monaco**, v. 64, p. 1-232, 1922.

HARTNOLL, R. G.; MACKINTOSH, T.; PELEMBE, T. *Johngarthia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837) on Ascension Island: a very isolated land crab population. **Crustaceana**, v. 79, p. 197-215, 2006.

HARTNOLL, R. G. Ascension Island: contrasting biogeography of land and rock crabs. *Museum Regional Science Natural. IX Colloquium Crustacea Mediterranea*, Torino, p. 375-385, 2011.

HASHIZUME, K. **Larval development of seven species of Lucifer (Dendrobranchiata, Sergestoidea)**, with a key for the identification of their larval forms. In: *Crustacea and biodiversity crisis*, The Netherlands, v. 1, p. 753-779, 1999.

HAZIN, F. H. V. et al. Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 2, p. 385-389, 2008.

HEARD, R.W. et al. A guide to the Thalassinidea (Crustacea: Malacostraca: Decapoda) of the South Atlantic Bight. **NOAA Professional Papers (NMFS)**, v. 8, p. 1-30, 2007.

HEEGAARD, P. Larvae of Decapod Crustacea, The oceanic penaeids: Solenocera, Cerataspis, Cerataspides. The Carlsberg Foundation, Copenhagen, **Dana Report**, v. 67, p. 1-82, 1966.

_____. **Larvae of Decapod Crustacea: The Amphionidae.** The Carlsberg Foundation, Copenhagen, 82p., 1969.

HELDT, J. H. **La reproduction chez les Crustacés Décapodes de la famille des pénéides.** Annales de l'Institut océanographique, v.18, p. 1-206, 1938.

_____. Contribution à l'étude de la biologie des crevettes pénéides *Aristaeomorpha foliacea* (Risso) et *Aristeus antennatus* (Risso)(Formes larvaires). **Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Tunisie**, v. 8, p. 1–29, 1955a.

_____. Contribution a l'étude de la biologie des crevettes Peneides. Formes larvaires de *Solenocera membranacea* (H. M.-Edw.). **Bulletin Station oceanography**. v. 51, p. 29-56, 1955b.

HERNÁNDEZ-LEÓN, S. Accumulation of mesozooplankton in a wake area as a causative mechanism of the "island-mass effect". **Marine Biology**, 109:141-147, 1991.

HIDAKA, K. et al. Downward transport of organic carbon by diel migratory micronekton in the western equatorial Pacific: its quantitative and qualitative importance. Deep-Sea Research Part I: **Oceanographic Research Papers**, v. 48, p. 1923–1939, 2001.

HOLTHUIS, L. B. The Decapoda Macrura of the Snellius Expedition, 1. The Stenopodidae, Nephropsidae, Scyllaridae and Palinuridae. **Temminckia**, v. 7, p. 1–178, 1946.

_____. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. **The Crustacea Decapoda Macrura of Chile.** Lunds Univ. Arsskr, v. 47, n. 10, p. 1-110. 1952.

_____. **FAO species catalogue - Marine lobsters of the world.** Roma, FAO Fisheries Synopsis, v. 13, n. 125, 292 p., 1991.

HOLTHUIS, L. B.; EDWARDS, A. J.; LUBBOCK, H. R. The decapod and stomatopod Crustacea of St. Paul's Rocks. **Zoologische Mededelingen**, v. 56, n. 3, p. 27-51, 1980.

HOLTHUIS, L. B.; FRANSEN, C. H. J. M.; VAN ACHTERBERG, C. **The recent genera of the Caridean and Stenopodidean shrimps (Crustacea, Decapoda): with an appendix on the order Amphionidacea.** Nationaal Natuurhistorisch Museum, 1993.

HOOGENBOOM, M. O. et al. Disparity between projected geographic ranges of rare species: A case study of *Echinomorpha nishihirai* (Scleractinia). **Marine Biodiversity Records**, v. 8, 2015.

HOSOE, K. Chaetognatha from the Isles of the Fernando de Noronha. **Construção Avulsa Universidade São Paulo**, v. 3, p. 1-9, 1956.

IVAR DO SUL, J. A. et al. Pelagic microplastics around an archipelago of the Equatorial Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 75, p. 305–309, 2013.

IVAR DO SUL, J. A.; COSTA, M. F.; FILLMANN, G. Microplastics in the pelagic environment around oceanic islands of the Western Tropical Atlantic Ocean. **Water, Air & Soil Pollution**, 225, p.2004, 2014.

IVAR DO SUL, J. A., SPENGLER, A.; COSTA, M. Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, p. 1229–1244, 2009.

JALES, M. C. **Influência das condições oceanográficas sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica no Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial, Brasil**. 97f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

JOHNSON, C. N. Species extinction and the relationship between distribution and abundance. **Nature**, v. 394, p. 272–274, 1998.

JONES, E. C. Evidence of an island effect upon the standing crop of zooplankton near the Marquesas Islands, Central Pacific. **ICES Journal of Marine Science**, v. 27, n. 3, p. 223-231, 1962.

JOSILEEN, J.; MENON, N. G. Larval stages of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Brachyura). **Crustaceana**, v. 77, n. 7, p. 785-803, 2004.

JUARRERO, A., GARCÍA, A. & MARTÍNEZ-IGLESIAS, J.C. Un nuevo género y especie de Laomediidae (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea) de Cuba. **Avicennia**, v. 6/7, p. 36–42, 1997.

JUDKINS, D. C.; KENSLEY, B. New genera in the family Sergestidae (Crustacea: Decapoda: Penaeidea). **Proceedings of the biological society of Washington**, v. 121, n. 1, p. 72-84, 2008.

JUDKINS, D. C. Geographical distribution of pelagic decapod shrimp in the Atlantic Ocean. **Zootaxa**, v. 3895, n. 3, p. 301-345, 2014.

JÚNIOR, M. N.; PUKANSKI, L. E. M.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M. Mesh size effects on assessments of planktonic hydrozoan abundance and assemblage structure. **Journal of Marine Systems**, v. 144, p. 117-126, 2015.

KARUPPASAMY, P.K.; et al. Distribution and abundance of pelagic shrimps from the deep scattering layer of the eastern Arabian Sea. **Journal of Shellfish Research**, v. 25, n. 3, p. 1013–1019, 2006.

KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. **Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae**. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panamá, v. 1, p. 731-736, 1997.

KINGSLEY, J. S. On a new genus and two new species of *macrurous* Crustacea. **Bulletin of the Essex Institute**, v. 27, p. 95–99, 1897.

KIØRBOE, T. Population regulation and role of mesozooplankton in shaping marine pelagic food webs. **Hydrobiologia**, v. 363, n. 1-3, p. 13-27, 1997.

KIØRBOE, T. How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs. **Biological Reviews**, v. 86, n. 2, p. 311-339, 2011.

KOETTKER, A. G.; FREIRE, A.S.; SUMIDA, P. Y. G. 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**, v. 90, n. 06, p. 1227-1239, 2010.

KOMAI, T.; ANKER, A. Two new species of the laomediid genus *Naushonia* Kingsley, 1897 (Crustacea: Decapoda: Gebiidea) from the Indo-West Pacific. **Zootaxa**, v. 2504, p. 31-46, 2010.

KOMAI, T.; ANKER, A. Additional records of the Laomediid mud-shrimp genus *Naushonia* Kingsley, 1897 (Crustacea: Decapoda: Gebiidea), with a revised identification key. **Zootaxa**, v. 3974, n. 3, p. 20, 2015-06-23 2015.

KOMAI, T. Rare mud shrimp genus *Naushonia* Kingsley (Decapoda: Thalassinidea: Laomediidae) from Japan: Description of a new species and new record of *N. lactoalbida* Berggren. **Crustacean Research**, v. 33, p. 15-26, 2004.

KONISHI, K. First record of larvae of the rare mud shrimp *Naushonia* Kingsley (Crustacea: Decapoda: Laomediidae) from Asian waters. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 114, n. 3, p. 611-617, 2001.

KRUCZYNSKI, W. L.; JENNER, C. E. *Stenopus hispidus* (Olivier, 1811) (Decapoda, Natantia, Stenopodidea), a northern record on the East coast of the USA. **Crustaceana**, v. 16, n. 1, p. 105-106, 1969.

KRUPICA, K. L.; SPRULES, W. G.; HERMAN, A. W. The utility of body size indices derived from optical plankton counter data for the characterization of marine zooplankton assemblages. **Continental Shelf Research**, v. 36, p. 29-40, 2012.

KULBICKI, M. et al. Global Biogeography of Reef Fishes: A Hierarchical Quantitative Delineation of Regions. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, e8184, 2013.

KURATA, H. **Studies on the life histories of decapod Crustacea of Georgia**. Part III. Larvae of decapod Crustacea of Georgia. Final Rep., University Georgia marine Institut, 1-274, 1970.

KURIAN, C. V. Larvae of decapod Crustacea from the Adriatic Sea. **Acta Adriatica**, v. 6, p. 1-108, 1956.

KUTSCHERA, V. et al. Re-study of larval stages of (Malacostraca: Eucarida) with modern imaging techniques. **Journal of Crustacean Biology**, v. 32, n. 6, p. 916-930, 2012.

LANDEIRA, J. M. et al. Horizontal distribution of invertebrate larvae around the oceanic island of Gran Canaria: the effect of mesoscale variability. **Scientia Marina**, v. 73, n. 4, p. 761-77, 2009.

LANDEIRA, J. M.; et al. Spatial variability of planktonic invertebrate larvae in the Canary Islands area. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 90, p. 1217–122, 2010.

LANDEIRA, J. M.; FRANSEN, C. H. J. M. New data on the mesopelagic shrimp community of the Canary Islands region. **Crustaceana**, v. 85, n. 4-5, p. 385-414, 2012.

LANG, W. H.; YOUNG, A. M. The larval development of *Clibanarius vittatus* (Bosc) (Crustacea: Decapoda; Diogenidae) reared in the laboratory. **The Biological Bulletin**, v. 152, n. 1, p. 84-104, 1977.

LANGTON, R. W. & BRODEUR, R. D. Occurrence of a rare adult mud shrimp, *Naushonia crangonoides* Kingsley, 1897, in the Chesapeake Bay region (Decapoda, Thalassinidea). **Crustaceana**, v. 35, p. 96–98, 1978.

LAGARDERE, J. P. **Crustacea (Adultes pelagiques). Ordre: Decapoda. Familles: Penaeidae et Sergestidae.** Conseil International Exploration de la Mer, Fichary Identification Zooplancton, p. 1-15, 1978.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological oceanography: an introduction.** 2. ed. Amsterdã:Elsevier. 314 p., 2006.

LARRAZÁBAL, M. E.; OLIVEIRA, V. S. Thecosomata e Gymnosomata (Mollusca, Gastropoda) da cadeia Fernando de Noronha, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 351-360, 2003.

LEE, W.J.; COROY, J.; HOWELL, W.;H.; KOCHER, T.D. Structure and evolution of fish mitochondrial control regions. **Journal of Molecular Evolution**, v. 41, p. 54–66, 1995.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, n. 2, p. 271-280, 2001.

LEGG, D. A.; SUTTON, M. D.; EDGECOMBE, G. D. Arthropod fossil data increase congruence of morphological and molecular phylogenies. **National Community**, v. 4, 2013.

LEITE, T.S.; et al. Morphological and genetic description of *Octopus insularis*, a new cryptic species in the *Octopus vulgaris* complex (Cephalopoda: Octopodidae) from the tropical southwestern Atlantic. **Journal of Molluscan Studies**, v. 74, p. 63–74, 2008.

LESSIOS, H. A.; KESSING, B. D.; PEARSE, J. S. Population structure and speciation in tropical seas: Global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. **Evolution**, v. 55, n. 5, p. 955–975, 2001.

LEWIS, J. B. The phyllosoma larvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. **Bulletin of Marine Science**, v. 1, n. 2, p. 89-103, 1951.

LEZAMA-OCHOA, A. et al. Spatial patterns and scale-dependent relationships between macrozooplankton and fish in the Bay of Biscay: An acoustic study. **Marine Ecology Progress Serie**, v. 439, p. 151–168, 2011.

LIBRADO, P.; ROZAS, J. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. **Bioinformatics**, v. 25, p. 1451-1452, 2009.

LIMA-MENDEZ, G. et al. Determinants of community structure in the global plankton interactome. **Science**, v. 348, n. 6237, p. 1262073, 2015.

LIMA, C. D. M. **Distribuição vertical de Euphausiacea ao largo do arquipélago de São Pedro e São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

LINDLEY, J.A.; HERNANDEZ, F. The occurrence in waters around the Canary and Cape Verde Islands of *Amphionides reynaudii*, the sole species of the order Amphionidacea (Crustacea: Eucarida). **Revista de la Academia Canaria de Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 113-119, 1999.

LINDLEY, J.A.; et al. Decápodos planctónicos de la Isla de Gran Canaria. **Revista de la Academia Canaria de Ciencias XIII**, n. 4, p. 141-151. 2002.

LINDLEY, J.A.; et al. Decapodos pelagicos (larvas y adultos) de las Islas de Cabo Verde (campana TFMCBM/98). **Revista de la Academia Canaria de Ciencias**, v. 13, n. 4, p. 87-99, 2002.

LINDLEY, J. A., et al. Phyllosoma larvae (Decapoda: Palinuridea) of the Cape Verde Islands. **Journal of Plankton Research**, v. 26, n. 2, p. 235-240, 2004.

LINDLEY, J. A.; et al. Warm-water decapods and the trophic amplification of climate in the North Sea. **Biology Letters**, v. 6, p.773–776, 2010.

LIRA, S. M. A. **Distribuição e composição do zoonêuston em ambientes insulares do oceano Atlântico Tropical com ênfase em Decapoda**. 83f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

LIRA, S. M. A. et al. Spatial and nycthemeral distribution of the zooneuston off Fernando de Noronha, Brazil. **Brazilian Journal Oceanography**, v. 62, p. 35–45, 2014.

LIRA, S. M. A.; et al New records of the larval forms *Cerataspis monstrosa* and *Amphionides reynaudii* (Crustacea: Decapoda) from the western tropical Atlantic. **Zootaxa** v. 4237, n. 2, p. 335–346, 2017.

- LIRA, S. M. A.; SANTANA, C. S.; SCHWAMBORN, R. 2017. New records of the larval forms *Cerataspis monstrosa* and *Amphionides reynaudii* (Crustacea: Decapoda) from the western tropical Atlantic. **Zootaxa**, 2017. No prelo.
- LOHENGRIN, D. A.; BONECKER, S. L. C. The first record of *Naushonia* (Thalassinidea, Laomediidae) from the south Atlantic and the larval development of a probably new species. **Crustaceana**, v. 81, n. 8, p. 963-977, 2008.
- LONGHURST, A. R. Role of the marine biosphere in the global carbon cycle. **Limnology and Oceanography**, v. 36, n. 8, p. 1507-1526, 1991.
- LUKENS, R. Notes on *Stenopus scutellatus* and *Stenopus hispidus* (Decapoda, Stenopodidae) from Mississippi. **Gulf Research Reports**, v. 6, p. 75-76, 1978.
- MACEDO-SOARES, L. C. P. et al. Zooplâncton. In: Viana, D. L.; Hazin, F.H.V.; Souza, M.A.C. **O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica**. SECIRM, Brasília, p. 128-137, 2009.
- MACEDO-SOARES, L. C. P.; FREIRE, A.; MUELBERT, J. Small-scale spatial and temporal variability of larval fish assemblages at an isolated oceanic island. **Marine Ecology Progress Series**, v. 444, p. 207-222, 2012.
- MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. MMA: Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 1420p., 2008.
- MANNING, R. B.; CHACE, F. A. Decapod and Stomatopod crustacea from Ascension Island, South Atlantic Ocean. **Smithsonian contributions to zoology**, v. 503, p. 1-91, 1990.
- MANTELATTO, F. L. et al. Molecular analysis of the commercial deep-sea crabs *Chaceon ramosae* and *Chaceon notialis* (Brachyura, Geryonidae) reveals possible cryptic species in the South Atlantic. **Deep-Sea Research Part I**, v. 84, p. 29-37, 2014.
- MARAFON-ALMEIDA A. **Decápodes holo e meroplancctônicos do Atlântico Sul Subtropical**. 2015. Tese (Doutorado em Oceanografia Ambiental). 139 f. - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2015.
- MARAFON-ALMEIDA A.; PEREIRA, J. B.; FERNANDES, L. F. L. Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30° s. **Brazilian Journal Oceanography**, v. 64, n. 3, p. 217-226, 2016.
- MARCOLIN, C. R.; et al. Plankton and seston size spectra estimated by the LOPC and ZooScan in the Abrolhos Bank ecosystem (SE Atlantic). **Continental Shelf Research**, p. 74-87, 2013.

MARCOLIN, C. R.; GAETA, S.; LOPES, R. M. Seasonal and interannual variability of zooplankton vertical distribution and biomass size spectra off Ubatuba, Brazil. **Journal of Plankton Research**, v. 37, p. 808-819, 2015a.

MARCOLIN, C. R., LOPES, R. M., JACKSON, G. A. Estimating zooplankton vertical distribution from combined LOPC and ZooScan observations on the Brazilian Coast. **Marine Biology**, v. 162, p. 2171-2186, 2015b.

MARTIN, J. W.; ABELE, L. G. *Naushonia panamensis*, new species (Decapoda: Thalassinidea: Laomediidae) from the Pacific coast of Panama, with notes on the genus. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 95, p. 478-83, 1982.

MARTIN, J. W.; DAVIS, G. E. **An updated classification of the recent Crustacea**. Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles, p. 132. 2001.

MARTIN, J. W.; OLESEN, J.; HØEG, J. T. **Atlas of crustacean larvae**. Johns Hopkins University Press (in press), 2014.

MASSON, S.; PINEL-ALLOUL, B.; DUTILLEUL, P. Spatial heterogeneity of zooplankton biomass and size structure in southern Quebec lakes: variation among lakes and within lake among epi-, meta- and hypolimnion strata. **Journal of plankton Research**, v. 26, n. 12, p. 1441-1458, 2004.

MAURER, B. A. The relationship between distribution and abundance in a patchy environment. *Oikos*, v. 58, p. 181-189, 1990.

MCCONAUGHA, J. R. Decapod larvae: dispersal mortality, and ecology. A working hypothesis. **American Zoologist**, v. 32, p. 512-523, 1992.

MCMILLAN-JACKSON, A.; BERT, T. M. Genetic diversity in the mtDNA control region and population structure in the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*. **Journal of Crustacean Biology**, v. 24, p. 101-109, 2004.

MCWILLIAM, P. S. Evolution in the phyllosoma and puerulus phases of the spiny lobster genus *Panulirus* White. **Journal of Crustacean Biology**, v. 15, n. 3, p. 542-557, 1995.

MEDEIROS, G. F.; BJÖRNBERG, T. K. S. Levantamento preliminar do zooplâncton das águas das ilhas da região de Natal e das águas de Fernando de Noronha. **Ciência e Cultura**, v. 30, n. 3, p. 348-349, 1978.

MEEKAN, M. G. et al. DNA evidence of whale sharks (*Rhincodon typus*) feeding on red crab (*Gecarcoidea natalis*) larvae at Christmas Island, Australia. **Marine and Freshwater Research**, v. 60, n. 6, p. 607-609, 2009.

MELO, D. C. M. **Chaetognatha do Arquipélago de Fernando de Noronha (NE, Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2015.

MELO-JÚNIOR M.; et al. Temporal changes in pelagic copepod assemblages off Ubatuba, Brazil. **Marine Ecology**, v. 37, p. 877-890, 2016.

MELO, P. A. M. C.; DIAZ, X. F. G.; MACÊDO, S. J. et al. Diurnal and spatial variation of the mesozooplankton community in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic. **Marine Biodiversity Records**, v. 5, p. 1–14, 2012.

MELO, P. A. M. C. **Efeito da turbulência sobre a migração vertical dos Copepoda no Arquipélago de São Pedro e São Paulo–Brasil**. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2013.

MELO, P. A. M. C. et al. Copepod distribution and production in a Mid-Atlantic Ridge archipelago. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 1719-1733, 2014.

MELO, P. A. M. C. et al. A morphological anomaly in *Clausocalanus mastigophorus* (Claus, 1863)(Copepoda, Calanoida) from St. Peter and St. Paul Archipelago. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 728-729, 2014.

MELO, P. A. M. C. et al. The first occurrence of the Order Mormonilloida (Copepoda) in the Tropical Southwest Atlantic Ocean. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 233-237, 2015.

MENDEZ, M. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la Costa del Perú. **Boletín Instituto del Mar del Peru**, v. 6, p. 1-165, 1981.

MENEZES, B. S. Distribuição de Euphausiacea (Crustacea) (Krill) no Arquipélago de Sao Pedro e Sao Paulo. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MILNE EDWARDS, H. Note sur un nouveau genre de Crustacés de l'ordre des Stomapodes. **Annales de la Société entomologique de France**, v. 1, p. 336-340, 1832.

MORGAN, P. P. **SEAWATER: a library of MATLAB computational routines for the properties of sea water: CSIRO Marine Laboratorie Report**, n. 222, 29p, 1994.

MORGAN, S. G. et al. Pelagic fish predation on *Cerataspis*, a rare larval genus of oceanic penaeoids. **Bulletin of Marine Science**, v. 36, p. 249–259, 1985.

MORITZ, C. Defining ‘evolutionarily significant units’ for conservation. **Trends Ecology Evolution**, v. 9, p. 373–375, 1994.

MOTODA, S. Devices of simple plankton apparatus. **Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University**, v. 7, n. 1-2, p. 73-94, 1959.

MUSS, A. et al. Phylogeography of Ophioblennius: the role of ocean currents and geography in reef fish evolution. **Evolution**, v. 55, n. 3, p. 561-572, 2001.

- NAHUM, L.A. Evolução dos Genomas. In: **Matioli, Biologia Molecular e Evolução**. Ribeirão Preto: Holos Ed., 2001
- NEI, M. Evolution of human races at the gene level. **Progress in clinical and biological research**, v. 103, p. 167-81, 1982.
- NEUMANN-LEITÃO, S. et al. Variação Sazonal e Nictemeral do Zooplâncton no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE, Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 27, n. 2, 1999.
- NEUMANN-LEITÃO, S. et al. Diversity and distribution of the mesozooplankton in the tropical Southwestern Atlantic. **Journal Plankton Research**, v. 30 p.795-805, 2008.
- NEUMANN-LEITÃO, S. et al. Mesozooplankton Biomass And Diversity In Coastal And Oceanic Waters Off North-Eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, Hamburg, v. 47, n. 3, p.153-165, 1999.
- NGOC-HO, N. Redescription des types de *Naushonia perrieri* (Nobili, 1904) (Crustacea, Decapoda, Laomediidae). **Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle**, v. 18, n. 3-4, p. 565-70, 1996.
- NIZINSKI, M. S. Annotated checklist of decapod crustaceans of Atlantic coastal and continental shelf waters of the United States. **Proceedings-biological Societ of washington**, v. 116, n. 1, p. 96-157, 2003.
- NOSE, V. T. Larvae of *Aristaeomorpha foliacea* (risso) (decapoda: Penaeidae) from the Indian ocean. **Indian Jornal Marine of Science**, v. 3, 1974.
- NUNES, T. R. S.; BARRETO, T. M. S. P.; LARRAZÁBAL, M. E. L. Macrozooplâncton das cadeias Norte/Rocas/Noronha e da plataforma/talude sul do nordeste do Brasil, com ênfase em Crustacea Amphipoda. **Tropical Oceanography**, v. 41, n. 1-2, 2016.
- OHMAN, M. D; et al. Mesozooplankton and particulate matter responses to a deep-water frontal system in the southern California Current System. **Journal of Plankton Research**, v. 34, p. 815-827, 2012.
- OHTOMI, J. I. S. Growth of the deep-water mud shrimp *Solenocera melanthera* De Man, 1907 (Decapoda, Penaeoidea, Solenoceridae) in Kagoshima Bay, southern Japan. **Crustaceana**, v. 70, p. 45-58, 1997.
- OLIVEIRA-NETO, J. F. et al. Population genetics and evolutionary demography of *Ucides cordatus* (Decapoda: Ocypodidae). **Marine Ecology**, v. 28, p. 460-469, 2007.
- OLIVEIRA-NETO, J. F. et al. Phylogeography of the blue land crab, *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) along the Brazilian coast. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, p. 1417-1423, 2008.

OLIVEIRA, V. S.; LARRAZÁBAL, M. E. L. Pteropoda (Gastropoda, Thecosomata and Gymnosomata) collected along the northeast coast of the archipelago of São Pedro and São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, p. 215-227, 2002.

OMORI, M. The biology of pelagic shrimps in the ocean. **Advances in Marine Biology**, v. 12, p.233-324, 1974.

ORTMANN, A .E. Decapoden und Schizopoden der Plankton-Expedition. Ergebnisse der in dem Atlantischen Ocean von Mitte Juli bis Anfang November 1889 ausgefuhrten. **Plankton-Expedition der Humboldt-Slftung**, v. 2, p. 1–120, 1893.

PACKMOR, J.; RIEDL, T. Records of Normanellidae Lang, 1944 (Copepoda, Harpacticoida) from Madeira island support the hypothetical role of seamounts and oceanic islands as “stepping stones” in the dispersal of marine meiofauna. **Marine Biodiversity**, p. 1-17, 2016.

PAIVA, P. C.; YOUNG, P. S.; ECHEVERRÍA, C. A. The Rocas Atoll, Brazil: a preliminary survey of the Crustacea and Polychaete fauna. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 65, p. 241-250, 2007.

PALUMBI, S. R. Genetic divergence, reproductive isolation, and marine speciation. **Annual review of ecology and systematics**, v. 25, n. 1, p. 547-572, 1994.

PALUMBI, S. R. Population genetics, demographic connectivity, and the design of marine reserves. **Ecological Applications**, v. 13, p. 146–158, 2003.

PAN, M.; HAY, S. Decapod Crustacean Larvae of Scottish Coasts. **Scottish Marine and Freshwater Science**, v.1, n, 11, 103 p., 2010.

PALSBOLL, P.J.; BÉRUBÉ, M.; ALLENDORF, F.W. 2006. Identification of management units using population genetic data. v. 22, 11-16.

PAULINOSE, V. T. Decapod crustacea from the international Indian Ocean Expedition: larval and postlarval stages of 3 species of *Metapenaeopsis* Bouvier (Penaeidae: Penaeinae). **Journal of natural history**, v. 22, n. 6, p. 1565-1577, 1988.

PÉREZ-FARFANTE, I. **Illustrated key to Penaeoid shrimps of commerce in the Americas**. NOAA Technical Report NMFS, v. 64, p. 1-32, 1988.

PEREZ-FARFANTE, I., KENSLEY, B. Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of, the world: keys and diagnoses for the families and genera. Editions du Museum Paris. **Zoologie**, v.175, p. 1-233, 1997.

PETERSON, R. G; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1–73, 1991.

PEZZUTO, P. R. Avaliação dos Camarões de profundidade (Decapoda: Aristeidae). In: Pinheiro, M.; Boos, H. (Org.). **Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014**. Sociedade Brasileira de Carcinologia, Porto Alegre, 466 p., 2016.

PINTO, N. C. T.; MAFALDA, P.; SANTOS, A. T.. Caracterização do Zooplâncton da Reserva Biológica do Atol das Rocas, na Campanha de Março-1991 (Verão). **Tropical Oceanography**, v. 25, n. 1, 1997.

PIONTKOVSKI, S. A. et al. Zooplankton and the North Atlantic Oscillation: a basin-scale analysis. **Journal of Plankton Research**, v. 28, n. 11, p. 1039-1046, 2006.

POLITOU, C. et al. Deep-sea mediterranean biology: the case of *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) (Crustacea: Decapoda: Aristeidae). **Scientia Marina**, v. 68, n. S3, p. 129-139, 2004.

POORE, G. C. B. **Marine Decapod Crustacea of Southern Australia: A Guide to Identification**. Csiro Publishing, 2004.

RATHBUN, M. J. The Brachyura and Macrura of Porto Rico. **Bulletin of the United States Fish Commission**, v. 20, p. 1-137, 1901.

RIVERA, J.; GUZMÁN, G.; MUJICA, A. *Amphionides reynaudii* (H. Milne Edwards, 1832) (Amphionidacea: Amphionididae): identificación de estadios larvales y nuevo orden de crustáceos en aguas oceánicas chilenas. **Investigaciones Marinas**, v. 32, p. 101-106, 2004.

ROCHA, L. A. Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. **Journal Biogeography**, v. 30, p. 1161-117, 2003.

ROCHA, L. A. et al. Comparative phylogeography of Atlantic reef fishes indicates both origin and accumulation of diversity in the Caribbean. **Evolutionary Biology**, v. 8, p. 157, 2008.

RODRIGUES, R. R.; ROTHSTEIN, L. M.; WIMBUSH, M. Seasonal variability of the South Equatorial Current bifurcation in the Atlantic Ocean: a numerical study. **Journal of Physical Oceanography**, v. 37, p. 16-30, 2007.

RODRIGUEZ, J.; MULLIN, M. M. Relation between biomass and body-weight of plankton in a steady-state oceanic ecosystem. **Limnology and Oceanography**, v. 31, n. 2, p. 361-370. 1986

RODRÍGUEZ-REY, G. T.; HARTNOLL, R. G.; SOLÉ-CAVA, A. M. Genetic structure and diversity of the island-restricted endangered land crab, *Johnnagarthia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 474, p. 204-209, 2016.

ROHNER, C. A. et al. Whale sharks target dense prey patches of sergestid shrimp off Tanzania. **Journal of plankton research**, v. 37, n. 2, p. 352-362, 2015.

ROGERS, A. R.; HARPENDING, H. C. Population growth makes waves in the distribution of pairwise genetic differences. **Molecular Biology and Evolution**, v. 9, p. 552-569, 1992.

RONQUILLO, J. D.; SAISHO, T. Larval development of *Metapenaeopsis barbata* (de Haan, 1844) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). **Marine and freshwater research**, v. 48, n. 5, p. 401-414, 1997.

RUDORFF, C. A. G.; et al. Modeling spiny lobster larval dispersion in the Tropical Atlantic. **Fisheries Research**, v. 96, p. 206–215, 2009a.

_____. Application of remote sensing to the study of the pelagic spiny lobster larval transport in the Tropical Atlantic. **Brazilian Journal Oceanography**, v. 57, n.1, p.7-16, 2009b.

SAITOU, N. NEI, M. The Neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. **Molecular Biology and Evolution**, v. 4, n. 4, p. 406–425, 1987.

SANKARANKUTTY, C. et al. Occurrence of *Chaceon fenneri* (Manning & Holthuis) (Crustacea, Brachyura, Geryonidae) in the Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 2, p. 649-652, 2001.

SANTANA, J. R.. **Variabilidade espacial do ictioneuston ao largo de ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2015.

SANTOS, M. A. Estágios larvais de três espécies de *Alpheus* (Crustacea, Decapoda, Natantia) do litoral do estado de São Paulo. **Seminários de biologia marinha**, p. 319-348, 1981.

SATO, K. et al. Spatial and temporal changes in zooplankton abundance, biovolume, and size spectra in the neighboring waters of Japan: analyses using an optical plankton counter. **Zoological Studies**, v. 54, n. 1, p. 18, 2015.

SCHRAM, F. M. R.; VON VAUPEL KLEIN, J. C. **Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology – The Crustacea, Decapoda, Eucarida: Euphausiacea, Amphionidacea, and Decapoda (partim)**. Brill, Leiden, Netherlands, v. 9, 560 p. 2010.

SCHUBART, C. D. Reconstruction of phylogenetic relationships within Grapsidae (Crustacea: Brachyura) and comparison of trans-isthmian versus amphi-atlantic gene flow based on mtDNA. **A Journal of Comparative Zoology**, v. 250, n. 4, p. 472-478, 2011.

SCHUKAT, A. et al. Pelagic decapods in the northern Benguela upwelling system: distribution, ecophysiology and contribution to active carbon flux. **Deep-Sea Research**, v. 75, p. 146–156, 2013.

SCHULZ-BALDES, M.; CHENG, L. Flux of radioactive cadmium through the sea-skater *Halobates* (Heteroptera: Gerridae). **Marine Biology**, v. 62, n. 2, p. 173-177, 1981.

SCHWAMBORN, R. et al. Dynamic patterns of zooplankton transport and migration in Catuama Inlet (Pernambuco, Brazil), with emphasis on the decapod crustacean larvae. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 36, p.109-113, 2008.

SEREJO, C. S.; YOUNG, P. S.; CARDOSO, I. C. C. **Central do Brasil (11°-22° S) coletados pelo programa REVIZEE/SCORE Central: Prospecção pesqueira**. Série Livros, v. 24, p. 133.

SEUTIN, G.; WHITE, B.N.; BOAG, P.T. Preservation of avian blood and tissues samples for DNA analysis. **Canadian Journal of Zoology**, v. 69, p. 82–90, 1991.

SHELDON, R.W.; PRAKASH, A.; SUTCLIFFE, W. H. J. The size distribution of particles in the ocean. **Limnology and Oceanography**, v. 17, p. 327–340, 1972.

SHELDON, R. W., SUTCLIFFE, W. H.; PARANJAPE JUNIOR, M. A. Structure of pelagic food chain and relationship between plankton and fish production, **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 34, p. 2344–2353, 1977.

SHINKARENKO, L. Development of the larval stages of the blue swimming crab *Portunus pelagicus* L. (Portunidae: Decapoda: Crustacea). **Marine and Freshwater Research**, v. 30, n. 4, p. 485-503, 1979.

SILVA, N. L.; SCHWAMBORN R. Estimativa da biomassa, abundância, densidade e biovolume do zooplâncton estuarino e marinho tropical através de análise de imagem. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 44, n. 2, p. 53-65, 2016.

SIMON, T.; MACIEIRA, R. M.; JOYEUX, J.C. The shore fishes of the Trindade-Martin Vaz insular complex: an update. **Journal of Fish Biology**, v. 82, n. 6, p. 2113-2127, 2013.

SIROTA, S.; MARTIN, J. W. Rediscovery of the Laomediid Shrimp *Naushonia macginitiei* (Glassell, 1938) (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea: Laomediidae) from off southern California. **Bulletin, Southern California Academy of Sciences**, v. 104, n. 3, p. 146–151, 2005.

SMALE, M. J. Predatory fish and their prey – an overview of trophic interactions in the fish communities of the west and south coasts of South Africa. **South African Journal of Marine of Science**, v. 12, p. 803–821, 1992.

SOLEDADE, G. O.; FONSECA, M. S.; ALMEIDA, A. O. Shallow-water stenopodidean and caridean shrimps from Abrolhos Archipelago, Brazil: new records and updated checklist. **Zootaxa**, v. 3905, n. 1, p. 52-68, 2015.

SOUZA, C. S.; et al. Chlorophyll a and nutrient distribution around seamounts and islands of the tropical southwestern Atlantic. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, n. 2, p. 168–184, 2013.

SOUZA, C. S., LUZ, J. A. G.; P. MAFALDA JUNIOR, P. Relationship between spatial distribution of chaetognaths and hydrographic conditions around seamounts and islands

of the tropical southwestern Atlantic. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 3, p. 1151-1165, 2014.

SOUZA, A. S. et al. Wide-range genetic connectivity of Coney, *Cephalopholis fulva* (Epinephelidae), through oceanic islands and continental Brazilian coast. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, p. 121-136, 2015.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, p. 20863–20883, 1999.

SUBRAHMANYAM, C. B. Descriptions of shrimp larvae (family Penaeidae) off the Mississippi coast. **Gulf and Caribbean Research**, v. 3, n. 2, p. 241-258, 1971.

SUBRAHMANYAM, C. B.; G. GUNTER. New penaeid shrimp larvae from the Gulf of Mexico (Decapoda, Penaeidea). **Crustaceana**, v. 19, p. 94-98, 1970.

SUND, O. **Peneides and Stenopides from the "Michael Sars" North Atlantic Deep-Sea Expedition**. Bergen Museum, 1920.

SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. Biomass distribution of pico-, nano- and microplankton on the continental shelf of Abrolhos, East Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2-3, p. 271-284, 1999.

SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. et al. Topographical and hydrographical impacts on the structure of microphytoplankton assemblages on the Abrolhos Bank region, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 70, p. 88-96, 2013.

SUPMEE, V. et al. Population genetics of the violet vinegar crab (*Episesarma versicolor*) along the Andaman Sea coast of Thailand. **Zoology Studies**, v. 51, p. 1040-1050, 2012.

SWOFFORD, D. L. **PAUP* Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods)** version 4 (Sinauer Associates, Sanderland, Massachusetts), 2002.

TAJIMA, F. Evolutionary relationship of DNA sequences in finite populations. **Genetics**, v.105, p. 437-460, 1983.

TAMURA, K.; NEI, M. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. **Molecular Biology and Evolution**, v. 10, p. 3, p. 512–526, 1993.

TAMURA, K. et al. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. **Molecular Biology and Evolution**, v. 30, p. 2725-2729, 2013.

TAVARES, C.; MARTIN, J. Suborder Dendrobranchiata Bate, 1888. In: Schram, F.R., J.C. von Vaupel Klein, J. Forest, and M. Charmantier-Daures. **Treatise on Zoology — Anatomy, Taxonomy, Biology — The Crustacea, Decapoda**, v. 9, p. 99–164, 2010.

TAVARES, C. R.; SEREJO, C. S. Taxonomy of Aristeidae (Dendrobranchiata: Penaeoidea) from the central coast of Brazil, collected by the REVIZEE program, between 19° and 22°S. **Zootaxa**, v. 1585, p. 1-44, 2007.

TAVARES, M. D. S.; CARVALHO, L.; DE MENDONÇA JR, J. B. Towards a review of the decapod crustacea from the remote oceanic archipelago of Trindade and Martin Vaz, south Atlantic Ocean: new records and notes on ecology and zoogeography. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 57, n. 14, p. 157-176, 2017.

TCHAMABI, C.; et al. A study of the Brazilian Fernando de Noronha island and Rocas atoll wakes in the tropical Atlantic. **Ocean Modelling**, v. 12, n. 9, p. 9-18, 2017.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)**, 2002.

THESSALOU-LEGAKI, M. et al. The establishment of the invasive crab *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) in Greek waters. **Aquatic Invasions**, v. 1, n. 3, p. 133-136, 2006.

THOMPSON, M. T. A Rare Thalassinid and its Larva. **Proceedings of the Boson Society of Natural History**, v. 31, p. 1-21, 1903.

THOMPSON, G. A.; DINOFRIO, E. O.; ALDER, V. A. Structure, abundance and biomass size spectra of copepods and other zooplankton communities in upper waters of the Southwestern Atlantic Ocean during summer. **Journal of plankton research**, v. 35, n. 3, p. 610-629, 2013.

TEODORO, S. S. A. et al. Population ecology of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Sergestoidea, Luciferidae) of the southeastern coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 2, p. 245-253, 2012.

TESCHIMA, Mariana M. et al. Large-scale connectivity of *Grapsus grapsus* (Decapoda) in the Southwestern Atlantic oceanic islands: integrating genetic and morphometric data. **Marine Ecology**, v. 37, n. 6, p. 1360-1372, 2016.

TOLOTTI, M. T. et al. Vulnerability of the Oceanic Whitetip Shark to Pelagic Longline Fisheries. **Plos One**, v. 10, e0141396, 2015.

TORRES, R. A. et al. Disentangling the controversial identity of the halfbeak stock (*Hemiramphus brasiliensis* and *H. balao*) from northeastern Brazil using multilocus DNA markers. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 25, n. 2, p. 379-394, 2015.

TRAVASSOS, P. et al. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, p. 2-3. p. 211-222, 1999.

TURNER, L. M.; HALLAS, J. P.; MORRIS, S. Population structure of the Christmas Island Blue Crab, *Discoplax hirtipes* (Decapoda: Brachyura: Gecarcinidae) on

Christmas Island, Indian Ocean. **Journal of Crustacean Biology**, v. 31, n. 3, p. 450-457, 2011.

TURNER, L. M. et al. Phylogeography of the Christmas Island blue crab, *Discoplax celeste* (Decapoda: Gecarcinidae) on Christmas Island, Indian Ocean. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, n. 3, p. 703–714, 2013.

UNESCO. **Zooplankton Sampling. Monographs on Oceanographic Methodology 2.** Unesco Press, Paris, 1968.

UNESCO. **Background papers and supporting data on the practical salinity scale, 1978.** UNESCO technical marine science, v. 37, p. 1-144, 1981.

VALENTIN, Jean L.; MONTEIRO-RIBAS, Wanda M. Zooplankton community structure on the east-southeast Brazilian continental shelf (18–23 S latitude). **Continental Shelf Research**, v. 13, n. 4, p. 407-424, 1993.

VANDROMME, P. et al. Assessing biases in computing size spectra of automatically classified zooplankton from imaging systems: A case study with the ZooScan integrated system. **Methods in Oceanography**, v. 1, p. 3-21, 2012.

VANNUCCI, M.; HOSOE, K. *Pterosagitta besnardi* Van. & Hosoe 1952 synonym of *P. draco* (Krohn 1853). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 7, n. 1-2, p. 195-199, 1956.

VANNUCCI, M. Considerações em torno das Hydromedusae da região de Fernando de Noronha. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 9, n. 1-2, p. 03-12, 1958.

VARGAS, G. **O uso da acústica multifrequência na caracterização das comunidades pelágicas no Arquipélago Fernando de Noronha e Atol das Rocas.** UFRPE (Dissertação). Recife, 61 p. 2017.

VERESHCHAKA, A. L. Macroplankton in the near-bottom layer of continental slopes and seamounts. **Deep Sea Research**, v. 42, n. 9, p. 1639-1668, 1995.

VERESHCHAKA A. L. Revision of the genus *Sergestes* (Decapoda: Dendrobranchiata: Sergestidae): taxonomy and distribution. **Galathea Report**, v. 22, p. 7-104, 2009.

VERESHCHAKA, A. L.; OLESEN, J.; LUNINA, A. A. A phylogeny-based revision of the family Luciferidae (Crustacea: Decapoda). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 178, n. 1, p. 15-32, 2016.

VIANA, G. F. S.; et al. Caranguejos coletados no Norte e Nordeste do Brasil durante o Programa REVIZEE (Crustacea, Decapoda Brachyura). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, 11 (1): 117-144. 2003.

VILLAR, E. et al. Environmental characteristics of Agulhas rings affect interocean plankton transport. **Science**, v. 348, n. 6237, p. 1261447, 2015.

WEEKS, A. R. et al. A single panmictic population of endemic red crabs, *Gecarcoidea natalis*, on Christmas Island with high levels of genetic diversity. **Conservation Genetics**, v. 15, p. 909–919, 2014.

WILLIAMS, M. J. Natural food and feeding in the commercial sand crab *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1766 (Crustacea: Decapoda: Portunidae) in Moreton Bay, Queensland. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 59, n. 2-3, p. 165-176, 1982.

WILLIAMS, A. B. **Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida**. Smithsonian Institution Press, Washington, 550p. 1984.

WILLIAMSON, D. I. **Crustacea Decapoda: larvae. I. General**. ICES Fiches 341 d'Identification du Zooplancton, v. 67, p. 1–7, 1957.

WILLIAMSON, D. I. Names of larvae in the Decapoda and Euphausiacea. **Crustaceana**, v. 16, n. 2, p. 210-213, 1969.

_____. *Amphionides reynaudii* (H. Milne Edwards), representative of a proposed new order of eucaridan Malacostraca. **Crustaceana**, v. 25, n. 1, p. 35-50, 1973.

_____. Larvae of Stenopodidea (Crustacea, Decapoda) from the Indian Ocean. **Journal of Natural History**, v. 10, n. 5, p. 497-509, 1976.

WILSON, A. C. et al. Mitochondrial DNA and two perspectives on evolutionary genetics. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 26, n. 4, p. 375-400, 1985.

WIRTZ, P. New records of marine invertebrates from São Tomé Island (Gulf of Guinea). **Jornal Marine Biology Association United Kingdom**, v. 83, n. 4, p. 735–736, 2003.

WOODMANSEE, Robert A. Daily vertical migration of Lucifer, planktonic numbers in relation to solar and tidal cycles. **Ecology**, v. 47, n. 5, p. 847-850, 1966.

WRIGHT, S. The genetical structure of populations. **Annals of Eugenics**, v. 15, p. 323-354, 1951.

YOKES, B.; GALIL, B. S. Touchdown-first record of *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) from the Levantine coast. **Aquatic Invasions**, v. 1, n. 3, p. 130-132, 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 3th edition. Prentice Hall International Editions. 662p. 1996.

ZHOU, M., what Determine the Slope of a Plankton Biomass Spectrum? **Journal of Plankton Research**, v. 28, n. 5, p. 437–448, 2006.

ANEXO

Folder informativo sobre o projeto PROCALARES

Folder PROCALARES FINAL 24/04/11 05:11:05/11 12/11/15

CURIOSIDADES

- Você sabia que existem apenas cinco espécies de caranguejos com o mesmo gênero do caranguejo insular das nossas ilhas oceânicas no mundo? Sendo três espécies de *Johngarthia* registradas no oceânico pacífico e duas no Oceano Atlântico?
- Vários aspectos biológicos reprodutivos e populacionais podem ser encontrados em trabalhos realizados na ilha de Ascensão, pelo pesquisador Richard Harmoll, que trabalha com essa e várias espécies de caranguejo no mundo?
- *J. lagostoma* é da mesma família do *Guaianum Cardisoma guanambi* que é uma espécie que também sofre consequências de atividades antrópicas tanto pela pressão de captura, quanto pela degradação de seus habitats.



- Durante o dia os caranguejos ficam escondidos dentro das tocas e durante a noite eles saem para se alimentar e fazer outras atividades (hábito noturno)?



- *J. lagostoma* é onívora, e se alimenta de pequenas folhagens, ovos, filhotes e carcaças de tartarugas, aves marinhas, peixes regurgitados por aves, baratas, aracnídeos, juvenis de aratu, ratos e até de carcaças de indivíduos da sua própria espécie.



Importância ecológica

Esses caranguejos são predadores de topo na cadeia alimentar em ambientes naturais, como pode ser observado no Atol das Rocas; Funcionam como recicladores de nutrientes, tanto levando folhas de árvores e capim, para tocas e realizado o processo de trituração dentro do ambiente, como também desempenham papéis essenciais nesses ecossistemas. O comportamento de procurar alimentos, levar animais, a escavação e a própria movimentação destes animais revertendo o sedimento permite maior oxigenação do substrato e liberação de nutrientes que enriquecem o ambiente ao redor de onde eles atuam.

Estratégias de conservação

Dicas que podem ajudar na conservação da espécie em Fernando de Noronha:

- No período de chuva e época de reprodução, andar com faróis do carro altos e com velocidade reduzida. Ao ver o animal na pista ou no caminho, é só desviar do mesmo, e deixar que ele siga o seu caminho;
- Não se alimentar da espécie em nenhuma das ilhas brasileiras, no qual o caranguejo é proibido para o consumo sob lei federal;
- Apenas observar e fotografar, de forma que não interfira no comportamento natural do animal;
- Não deixar lixo no ambiente (pois o animal pode tentar se alimentar desse lixo, como já foi registrado na nossa pesquisa). O lixo também pode prejudicar os animais com os quais essa espécie interage;
- Caso você observe alguma situação de incomum com a espécie, procure o ICMBIO, ou fiscais da região. Também pode entrar em contato conosco. Seguindo todas essas dicas, podemos trabalhar juntos para conservar essa espécie única e tão importante para o ambiente que ela vive.

Referências Bibliográficas

BROGREN, W. W. & B. R. McFARLANE (eds) 1988. The biology of land crabs. Cambridge University Press, 479 p.
 COELHO, P.A., MELG, G.A.S. *Oecarus lagostoma* H. Milne Edwards, 1855, 2008. In: Machado, A.B.M., Drummond, G.M., Zepha, A.P., (Orgs.) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 274-275.
 EDWARDS, A. & LIBBOCK, R. 1983. The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic). *Journal of Zoology*, Londres, v. 200, p. 21-69.
 FERNANDES, L. M. B., ANTUNES, L. C., BARROSA, M. S. V., ALCRÁ, A. D. V. S., SILVA, H. A. 1981. Avaliação do aproveitamento comercial do caranguejo *Oecarus lagostoma* (Edwards, 1855) do território de Fernando de Noronha. *Atas do Engenheiro de Pesca*, 365-377.
 HARTNOLL, R.G., A. C. Broderick, B. J. Godey & K. E. Saunders, 2009. Population structure of the land crab *Johngarthia lagostoma* on Ascension Island. *Journal of Crustacean Biology* 29: 31-45.
 HARTNOLL, R.G., T. MACKINTOSH & PELEMBE, T. J. 2006. *Johngarthia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1855) on Ascension Island: a very isolated land crab population. *Crustaceana* 79: 387-395.
 IMAI DO SILVA, J. A., COSTA, M. F., FILLMANN, S. 2004. Microbiologia in the pelagic environment around oceanic islands of the Western Tropical Atlantic Ocean. *Water Air Soil Pollut.*, 225:2004.
 LIRA, S. M. A. 2013. Distribuição e composição do zooplâncton em ambientes insulares do oceano Atlântico: Tropical com ênfase em Ilhas oceânicas. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 81 p.
 SERAFIN, T. Z., FRANÇA, G. B. & ANDRIGUETTO-FILHO, J. M. 2010. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o turismo de alto e ecoturismo humano. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 10(2):285-301.
 TEIXEIRA, A. L. 1996. Aspectos biológicos do caranguejo terrestre *Oecarus lagostoma* (H. M. Edwards, 1855) no Atol das Rocas - Brasil. Tese de MSc. 1996. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco.

CONTATO DA EQUIPE:
 Simone Maria de Albuquerque Lira
 simonelira@gmail.com
 Ralf Schwaborn
 rs@ufpe.br

EQUIPE:
 Rodrigo Torres, José Roberto Souza,
 Caio Falcão, Érika Santos, Renata
 Campelo, Jonata Francisco, Cynthia
 Lima e Igor Ávila.

