



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

BIOECOLOGIA DE CRUSTÁCEOS DE ÁGUAS PROFUNDAS
(DECAPODA, ISOPODA) EM PERNAMBUCO - BRASIL

Rômulo Costa Pires Ferreira

Recife,
Fevereiro - 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F383b Ferreira, Rômulo Costa Pires
Bioecologia de crustáceos de águas profundas (Decapoda,
Isopoda) em Pernambuco - Brasil / Rômulo Costa Pires Ferreira. –
2019.
90 f. : il.

Orientador: Fábio Hissa Vieira Hazin.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura,
Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Animais do fundo do mar – Pernambuco 2. Crustáceo –
Distribuição geográfica 3. Atlântico, Oceano I. Hazin, Fábio Hissa
Vieira, orient. II. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

BIOECOLOGIA DE CRUSTÁCEOS DE ÁGUAS PROFUNDAS
(DECAPODA, ISOPODA) EM PERNAMBUCO - BRASIL

Rômulo Costa Pires Ferreira

Tese julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 22/02/2019 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

Prof. Dr. Jesser Fidelis Souza Filho

Membro externo

Departamento de Oceanografia – UFPE

Prof. Dr. Diogo Martins Nunes

Membro Externo

Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE

Profa. Dra. Flávia Lucena Frédou

Membro interno

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

Prof. Dr. Silvio Peixoto

Membro Interno

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

Dedicatória

Dedicamos este trabalho a todos os amantes do oceano e dos seus encantos,
que fazem deste um meio de vida e motivo de eterna admiração.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente à Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, por estes onze anos de aprendizado, desafios e conquistas desde a graduação até a pós-graduação.

À coordenação e aos professores do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura- RPAq pelo convívio e valiosos ensinamentos e experiências ao longo da minha jornada acadêmica.

Ao Prof. Dr. Fábio Hazin por ter acreditado, apoiado, ensinado e incentivado minha formação acadêmica, profissional e pessoal, através da orientação na minha vida científica e dos ensinamentos humanos. Minha profunda admiração.

À CAPES pelo financiamento do Projeto Ciências do Mar (CIMAR) e pela bolsa de estudos a mim concedida para desenvolvimento e realização deste trabalho.

Aos pesquisadores do Laboratório de Carcinologia da UFPE pela disponibilidade e valiosos auxílios na identificação dos animais.

Aos meus pais, Roberto S. Pires Ferreira, por todo amor, carinho e exemplo de profissional, motivo de muito orgulho para mim; e Virgínia C. Pires Ferreira (*in memoriam*) que tanto me apoiou e incentivou em todos os momentos enquanto estava ao meu lado, sejam nas vitórias, sejam nas lágrimas, e que serve de espelho para minha vida. Meu eterno agradecimento.

À Juliana Interaminense e minha filha Lívia, pela amizade, companheirismo, carinho e apoio, buscando compreender as distâncias mesmo quando elas se apresentavam nos momentos menos oportunos.

Aos meus irmãos e familiares que sempre me acompanharam e compreenderam quando as distâncias eram necessárias.

Aos amigos que contribuíram direta ou indiretamente em diferentes fases de amostragem nos embarques e processamento das capturas dos cruzeiros de prospecção profunda: este trabalho jamais seria realizado sem a colaboração, troca de experiências e envolvimento de cada um para concretização deste sonho.

A todos, muito obrigado!

Resumo

O presente estudo objetivou caracterizar a composição específica, distribuição e alguns aspectos bioecológicos da fauna de crustáceos de águas profundas em Pernambuco, nordeste do Brasil, com base em prospecções pesqueiras realizadas entre 2014 e 2018 utilizando-se armadilhas de fundo iscadas (covo) em profundidades variando de 218 a 600 m. Foram coletados 690 indivíduos representados por 12 espécies, distribuídas em duas ordens: Decapoda e Isopoda. Os decápodes foram representados por 9 espécies: *Stenocionops spinosissimus*, *Rochinia crassa*, *R. gracilipes* e *Bathynectes longispina* (Brachyura); *Plesionika edwardsii* e *Heterocarpus ensifer* (Caridea); *Paguristes inconstans*, *Mixtopagurus paradoxos* e *Parapagurus* sp. (Anomura). Já a ordem Isopoda incluiu 3 espécies, todas pertencentes à subordem Cymothoidea: *Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* e *B. obtusus*. As espécies *B. giganteus*, *B. miyarei*, *B. obtusus* (Isopoda), *Parapagurus* sp., *M. paguros* e *P. inconstans* (Anomura) tiveram a sua presença registrada pela primeira vez em águas pernambucanas, ampliando, assim, as suas respectivas distribuições geográficas, com o primeiro registro *P. inconstans* no Atlântico Sul. Os carídeos apresentaram maior abundância absoluta, reflexo das capturas elevadas do *P. edwardsii*, com 307 indivíduos, com maior valor de CPUE situado no litoral Sul, (44,66 ind. x L⁻¹). Foram realizadas análises biológicas em 216 indivíduos, sendo 113 machos, 102 fêmeas e 1 com sexo indeterminado. O comprimento do cefalotórax variou entre 10,1 a 27,2 mm enquanto que o peso variou entre 0,48 a 12,84 g, não sendo observadas diferenças significativas na razão sexual ($\chi^2 = 0,563$, $P = 0,453$), comprimento do cefalotórax (Mann-Whitney $P = 0,754$) e peso (Mann-Whitney $P = 0,303$) entre os sexos. Foram observadas 39 fêmeas ovígeras distribuídos em dois estágios de desenvolvimento. A fecundidade média foi de 7.322 (± 4.485) ovos com menor valor encontrado nas classes entre 22-24 mm comprimento do cefalotórax, havendo diferença significativa no número médio de ovos por classes de tamanho (t-test = 7,48, $P < 0,01$). A segunda espécie mais abundante nas capturas foi o isopoda *B. miyarei*, com 289 indivíduos capturados, representando 36,5% das capturas em número e a maior constância entre as capturas (35,6%). As espécies de *B. miyarei* tiveram o comprimento variando entre 73,2 e 257,0 mm, com machos mais frequentes nos estratos mais rasos e as fêmeas predominantes nos estratos mais profundos. A proporção sexual favoreceu as fêmeas (1:1,7), com juvenis mais frequentes que espécimens maduras. Embora os crustáceos se encontrem bem distribuídos ao longo do litoral pernambucano, a seção sul registrou os maiores índices de abundância entre 300 e 350 m de profundidade (CPUE = 14,45 ind. x L⁻¹), e maior diversidade entre 250 e 300 m (Shannon-Winer $H' = 1,026$ bits/ind) enquanto que a maior riqueza de espécies ocorreu entre 500 e 550 m (Margalef $d = 1,176$ bits/ind). O talude superior proporciona habitats para o ciclo de vida de muitas espécies bentônicas, inclusive sítios de agregação reprodutiva. Este estudo revela a importância biológica do talude superior de Pernambuco como *hotspots* ecológicos, servindo de base para estratégias de manejo e conservação no Atlântico tropical.

Palavras-chave: Distribuição, mar profundo, crustáceos, Pernambuco, oceano Atlântico

Abstract

The present study aims to characterize abundance, distribution and some bioecological aspects of crustacean fauna off Pernambuco State, northeastern Brazil, based on deep-sea fishing surveys conducted between 2014 and 2018 using as fishing gear baited bottom traps (covo) at depths ranging from 218 to 600 m. A total of 690 individuals were collected represented by twelve species, distributed in two orders: Decapoda and Isopoda. Decapods comprised 9 species: *Stenocionops spinosissimus*, *Rochinia crassa*, *R. gracilipes* and *Bathynectes longispina* (Brachyura); *Plesionika edwardsii* and *Heterocarpus ensifer* (Caridea); *Paguristes inconstans*, *Mixtopagurus paradoxus* and *Parapagurus* sp. (Anomura). The order Isopoda included 3 species, all belonging to the suborder Cymothoidea: *Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* and *B. obtusus*. All species from Isopoda and Anomura were recorded for the first time to Pernambuco waters, expanding their geographical distribution, and present the first record of *P. inconstans* from South Atlantic, before restricted to Caribbean Sea. Caridean species showed a higher abundance, reflected by the high catches of the deep-sea shrimp *P. edwardsii*, with 307 individuals been collected, attained greater CPUE value on the South coast (44,66 ind. x L⁻¹). Biological analyzes on 216 individuals were performed, being 113 males, 102 females and 1 that was not possible to determine the sex, named undetermined. Cephalothorax length ranged from 10,1 to 27,2 mm while weight ranged from 0,48 to 12,84 g. Significant differences were not observed in the sex ratio ($\chi^2 = 0,563$, $P = 0,453$), cephalothorax length (Mann-Whitney $P = 0,754$) and weight (Mann-Whitney $P = 0,303$) between sexes. 39 females were ovigerous, represented by two egg mass developmental stages. The mean fecundity was 7.322 (± 4.485) eggs with classes into 22-24 mm CL reached lower values, being significant different by size classes (t-test = 7,48, $P < 0,01$). *B. miyarei* was the second most abundant species, with 289 individuals collected, representing 36,5 % of total catch and the highest constancy (35,6%) along fishing surveys. *B. miyarei* species had a body length ranged from 73,2 to 257,0 mm, with males more frequent in the shallow strata and females predominant in deeper strata. Sex ratio was in favor of females (1,0 : 1,7), with juveniles more frequent than mature species. Although crustaceans are well distributed along Pernambuco coast, the southern section recorded the highest abundance indices between 300 and 350 m depth (CPUE 14,45 ind. x L⁻¹), and greater diversity between 250 – 300 m (Shannon-Winer $H' = 1,026$ bits/ind) while the highest species richness occurred between 500 and 550 m depth (Margalef $d = 1,176$ bits/ind). Upper slope provides habitats for the life cycle of many benthic species. This study reveals the biological importance of the upper slope of Pernambuco as ecological hotspots, serving as a basis for management and conservation strategies in the tropical Atlantic.

Key words: Distribution, deep-sea, Crustacea, Pernambuco, Atlantic Ocean

Lista de figuras

Página

Capítulo 1

- Figura 1.** Distribuição das estações de coleta no talude superior de Pernambuco utilizando armadilhas de fundo tipo covão entre outubro de 2014 e março de 2018. Seção Norte ⊕, Centro ●, e Sul △
- 31
- Figura 2.** Espécies de crustáceos de profundidade coletados no talude superior do estado de Pernambuco, entre os meses de outubro de 2014 e março de 2018. A) *Bathynomus giganteus*; B) *B. miarey*; C) *B. obtusus*; D) *Rochinia crassa*; E) *R. gracilipes*; F) *Stenocionops spinosissimus*; G) *Bathynectes longispina*; H) *Heterocarpus ensifer*; I) *Plesionika edwardsii*; J) *Paguristes inconstans*; L) *Mixtopagurus paradoxos*; M) *Parapagurus sp.* Escalas: 5 cm (A – I), 1 cm (J – M).
- 34
- Figura 3.** Abundância (A) e riqueza de espécies coletadas no talude superior de Pernambuco: por faixa de profundidade (B); posição latitudinal (C); e turno (D). Linhas representam o esforço de pesca realizado para cada variável.
- 36
- Figura 4.** Índices de riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou e diversidade de Shannon-Winer obtidos por estrato de profundidade (A), turno (B) e seção latitudinal (C) dos crustáceos de águas profundas capturados entre outubro de 2014 e março de 2018, no talude superior do Estado de Pernambuco, Brasil.
- 37
- Figura 5.** Distribuição vertical das espécies coletadas (A) e por subordem (B) dos crustáceos de profundidade no talude superior do estado de Pernambuco.
- 38
- Figura 6.** Distribuição da abundância (ind. x L⁻¹) dos crustáceos coletados no talude superior de Pernambuco: (A) Total; (B) Brachyura; (C) Cymothoidea; (D) Caridea; (E) Anomura.
- 41
- Figura 7.** CPUE média das subordens coletadas no talude superior de Pernambuco: por seção latitudinal (A), profundidade (B) e turno (C)
- 42

Capítulo 2

- Figure 1.** *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879; Female, 25.2 cm BL, Pernambuco (08°30'N, 034°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17287. White scale= 2 cm. 53
- Figure 2.** *Bathynomus giganteus* (A. Milne-Edwards, 1879); Female, 25.2 cm BL, Pernambuco (08°30'N, 034°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17287. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view with oostegites; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White scale= 2 cm. 54
- Figure 3.** Distribution of *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879, along Brazilian coast. Black dots represent past records, while the star indicates the new record of Pernambuco, Northeast Brazil. 55
- Figure 4.** *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978; Female, 22.5 cm BL, Pernambuco (8° 11' S, 34° 33' W, 16/04/2015, 405 m). MOUFPE 15525. White scale= 2 cm. 56
- Figure 5.** *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978; Female 22.5 cm BL, Pernambuco (8° 11' S, 34° 33' W, 16/04/2015, 405 m). MOUFPE 15525. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White scale= 2 cm. 57
- Figure 6.** Distribution of *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978, along Brazilian coast. Black dots represent past records, while the star indicates the new record of Pernambuco, Northeast Brazil. 58
- Figure 7.** *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003; Female, 99.24 mm BL, Pernambuco (8°30'S, 34°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17288. White scale= 3 cm. 59
- Figure 8.** *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003 (MOUFPE 17288). A, clypeal region, anterior view (scale bar = 2 mm); Uropods, B) dorsal view; C) ventral view (Scale bars 5 mm). 60
- Figure 9:** *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003; female, 99.24 mm BL, Pernambuco (8°30'S, 34°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17288. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view with oostegites; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White scale= 1 cm. 61

Figure 10. Distribution of *Bathynomus obtusus* (Magalhães & Young, 2003) along Brazilian coast. Black dots represent past records, while the star indicates the new record, off Pernambuco, Northeast Brazil.

61

Capítulo 3

Figure 1. Localities where *Bathynomus miyarei* were collected between 2015 and 2018 at Pernambuco state, northeastern Brazil

66

Figure 2. Size-frequency distribution of undetermined (crushed bars), juvenile + adult males (black bars) and juvenile + adult females (grey bars) of *Bathynomus miyarei* ($n= 289$), at Pernambuco state, Northeast Brazil

67

Figure 3. Body length-weight relationship for males and females of *Bathynomus miyarei* caught on the upper slope of continental shelf of Pernambuco, Northeastern Brazil.

68

Figure 4. Depth distribution of *Bathynomus miyarei* specimens caught off Pernambuco state, northeast Brazil. Black bars: juvenile males; white bars: adult males; amber bars: juvenile females; white-dotted black bars: adult females; black-dotted white bars: undetermined sex. Numbers on top of the bars correspond to the number of individuals sampled in each range of depth.

69

Capítulo 4

Figura 1. Histograma de distribuição por comprimento do cefalotórax do *P. edwardsii* capturado no litoral pernambucano.

79

Figura 2. Variação de comprimento do cefalotórax e peso por sexo (A, B) e mês (C, D) do *P. edwardsii* capturado no litoral pernambucano

79

Figura 3. Relação peso-comprimento de fêmeas (A) e machos (B) de *P. edwardsii* capturados na costa de Pernambuco, entre 2014 e 2018.

80

Figura 4. Captura por unidade de esforço (CPUE) e esforço de pesca de *P. edwardsii* capturado na costa do Estado de Pernambuco, entre 2014 e 2018.

81

Figura 5. Frequência de distribuição do comprimento do cefalotórax (CC) de fêmeas ovígeras (A) e não ovígeras (B) por mês de captura do *P. edwardsii* no litoral pernambucano

82

Figura 6. Relação entre o número de ovos e o comprimento do cefalotórax de fêmeas ovígeras de *Plesionika edwardsii* coletado no litoral de Pernambuco entre março de 2014 e outubro de 2018

Lista de tabelas	Página
Capítulo 1	
Tabela 1. Data, localização e profundidade dos lances de pesca exploratória, utilizando armadilhas de fundo iscadas, na plataforma continental externa e talude superior do estado de Pernambuco, no período compreendido entre outubro de 2014 e março de 2018.	33
Tabela 2. Abundância absoluta, relativa (AR) e constância (CO) das espécies de crustáceos de profundidade capturados entre outubro de 2014 e março de 2018, na plataforma continental externa de Pernambuco	35
Tabela 3. Valores médios de CPUE (ind. x L ⁻¹) total, por turno, seção latitudinal, faixa de profundidade agrupados por subordens e espécies	40
 Capítulo 3	
Table 1. <i>Bathynomus miyarei</i> (Lemos de Castro, 1978). Number of individuals (N), body length (BL ± SD), weight (W ± SD) and depth range (m) of each life phase of the population off Pernambuco state, Northeastern Brazil.	68
Table 2. Proportion of male and female specimens of <i>Bathynomus miyarei</i> (Lemos de Castro, 1978), caught off Pernambuco state, northeast Brazil. The deviation from an equal sex ratio was tested for each depth range (* <i>P</i> < 0.05; χ^2).	70
 Capítulo 4	
Tabela 1. Proporção sexual do camarão soldado <i>P. edwardsii</i> capturado no litoral pernambucano	80
Tabela 2. Número médio de ovos por classes de tamanho em fêmeas ovígeras de <i>Plesionika edwardsii</i> capturadas na plataforma externa e talude continental do Estado de Pernambuco (N.M.O= número médio de ovos; DP= desvio padrão).	82

Sumário	Página
Dedicatória	04
Agradecimento	05
Resumo	06
Abstract	07
Lista de figuras	08
Lista de Tabelas	10
1 – Introdução	14
1.1 – Contextualização da pesquisa	16
1.2 – Objetivos	20
1.2.1 – Objetivo geral	20
1.2.2 – Objetivos específicos	20
1.3 – Referências	20
2 – Capítulo 1: Abundância e distribuição batimétrica de crustáceos de profundidade capturados na plataforma continental externa e talude superior de Pernambuco, Brasil, com 6 novos registros de ocorrência	27
3 – Capítulo 2: New records of bathynomid isopods (Crustacea: Cirolanidae) from Northeastern Brazil, Equatorial Western Atlantic.	49
4 – Capítulo 3: Biological features of the deep-sea giant isopod <i>Bathynomus miyarei</i> (Crustacea: Isopoda) from the Northeastern coast of Brazil	64
5 – Capítulo 4: Aspectos da biologia do camarão soldado <i>Plesionika edwardsii</i> (Brandt, 1851) no estado de Pernambuco – Brasil.	76
6 - Considerações finais	88

1- Introdução

Estudar os processos que influenciam a dinâmica e a estrutura das comunidades de organismos marinhos é um dos focos principais dos pesquisadores em recursos pesqueiros. A coleta de informações ecológicas é fundamental para o desenvolvimento de um manejo efetivo dos estoques e da própria atividade pesqueira, e, conseqüentemente, para a conservação das espécies comercialmente exploradas (Southwood & Henderson, 2000; Garla et al., 2006). Conhecer e inventariar os recursos naturais constitui uma etapa fundamental na busca de estratégias eficientes de conservação, que permitam desacelerar a degradação dos ecossistemas e a sua exaustão, cada dia mais evidentes. Um dos principais desafios para se compreender os ecossistemas marinhos é o escasso conhecimento sobre a biologia das espécies que integram essas comunidades. Este desconhecimento é ainda mais acentuado nas espécies que ainda não têm interesse comercial, mas que, sem dúvidas, desempenham um papel fundamental no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas (Pardo et al., 2007).

A produção mundial de pescados em 2016 representou cerca de 171 milhões de toneladas (excluindo-se as plantas aquáticas), das quais 90,9 milhões de toneladas foram produzidas pela pesca, sendo a pesca marinha responsável por 87,2% da captura total (SOFIA, 2018). Entre os recursos pesqueiros marinhos, algumas espécies de crustáceos constituem um dos grupos de maior importância para a indústria pesqueira em todo mundo, apresentando, em geral, um elevado valor comercial, além de serem uma importante fonte de proteína para o consumo humano (Longhurst & Pauly, 1987; Lana et al., 1996). Além de fonte de alimento, os crustáceos integram também níveis de base e intermediários da cadeia trófica, exercendo um papel fundamental no equilíbrio do ecossistema marinho (Petersen, 1913; Coelho-Filho, 2004). Muitos animais aquáticos têm os crustáceos como principal item alimentar, além de muitos crustáceos serem predadores por excelência de outros grupos, o que torna o conhecimento deste táxon fundamental para a compreensão da dinâmica de funcionamento dos ecossistemas marinhos.

Com o desenvolvimento de tecnologias para prospecção em águas profundas, elevados índices de biodiversidade em profundidades superiores a 100 m têm sido cada vez mais reportados em todo o mundo (Perez et al. 2009; Ramirez-Llodra et al., 2010). Na verdade, estimativas baseadas em prospecções de águas profundas têm mostrado que essas regiões são potencialmente um dos maiores reservatórios de biodiversidade da Terra, especialmente em razão da macro e meio-fauna bentônica (Snelgrove & Smith,

2002; Kitahara, 2009; Ramirez-Llodra et al., 2010), na qual se incluem muitas das espécies de crustáceos.

O subfilho Crustacea é considerado o quarto grupo animal em termos de diversidade geral, compreendendo aproximadamente 70.000 espécies descritas, com 2.500 espécies registradas para o Brasil (Amaral & Jablonski, 2005), das quais 84% são marinhas, 13% dulciaquícolas e apenas 3% são terrestres (Martin & Davis, 2001) e a mais bem conhecida, uma vez que incluem espécimens populares, geralmente de interesse econômico, como camarões, siris, caranguejos e lagostas (Melo, 2003; Pinheiro & Boss, 2016). Embora os mares e oceanos sejam os habitats mais comuns deste grupo, estudos sobre os crustáceos associados a águas profundas (> 200 m) são ainda incipientes, especialmente na costa nordeste do Brasil.

Os primeiros estudos sobre a fauna de crustáceos realizada na região Nordeste do Brasil foi conduzida através da expedição de circunavegação oceanográfica comandada por Charles Darwin a bordo da embarcação H.M.S “Challenger” na costa da Bahia (Moseley, 1879). Deste então, os crustáceos representam um dos grupos mais bem conhecidos entre os macrozoobentos na plataforma continental nordestina, devido principalmente aos trabalhos desenvolvidos por Fausto-Filho (1966; 1967; 1968; 1970; 1975), Koenig (1972), Barreto (1991), Barreto et al. (1991), Ramos-Porto (2001), Ramos-Porto et al. (2002), Torres et al. (2002), Viana et al. (2002; 2003) e Coelho et al. (2008). Na plataforma continental e talude de Pernambuco, estudos sistemáticos sobre a fauna de crustáceos de águas profundas foram desenvolvidos pela primeira vez pelo Programa REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva Brasileira), entre os anos de 1995 e 2005, representando uma importante contribuição para o conhecimento da diversidade da fauna marinha de profundidade no Brasil, particularmente na costa nordestina (Viana et al., 2002; Ramos-Porto et al., 2000; Coelho-Filho & Freitas, 2004; Coelho-Filho, 2006, Oliveira et al., 2014). O Programa REVIZEE foi, indubitavelmente, o maior programa de ciências do mar e de levantamento da biodiversidade marinha realizado até hoje no país. Entretanto, as informações aportadas pelo programa REVIZEE continuam sendo até hoje praticamente as únicas existentes, já tendo se passado quase 15 anos desde o seu encerramento, em 2005.

Informações relativas à assembleia de crustáceos de profundidade (>200m) na plataforma continental externa de Pernambuco, portanto, são ainda escassas, tornando necessário o aprofundamento dos estudos existentes sobre o tema, não apenas em relação

ao conhecimento da biodiversidade, mas acerca da biologia das espécies. Com esse fim, desde 2014 expedições de pesquisa em águas profundas vêm sendo realizadas no talude continental do Estado de Pernambuco, visando a preencher as lacunas de conhecimento acerca das espécies que aí habitam, incluindo a sua identificação específica, além de estudos bioecológicos.

1.1- Contextualização da pesquisa

Os estudos relacionados com a composição dos invertebrados marinhos são de fundamental importância para um melhor conhecimento do número atual de espécies presentes nas comunidades bentônicas, essenciais para o equilíbrio do ecossistema marinho. Entre os invertebrados demersais ou bentônicos, os crustáceos constituem um dos grupos mais importantes, com a maioria das espécies ocorrendo de forma mais abundante nas regiões tropicais e subtropicais e rareando significativamente em direção às regiões temperadas-frias e frias (Boschi, 2000). Entre as espécies analisadas neste trabalho, encontram-se representantes das ordens Decapoda e Isopoda.

Os crustáceos Decapoda são caracterizados, entre outros aspectos, pelo desenvolvimento de uma carapaça para incluir as câmaras branquiais e também pela modificação dos três primeiros pares de apêndices torácicos como maxilípodos, enquanto os cinco pares de apêndices torácicos remanescentes são os típicos pereópodos (McLaughlin, 1980). Duas subordens são conhecidas para os crustáceos decápodas, a Dendrobranchiata, que inclui a infraordem Peneidea (camarões marinhos), e a Pleocyemata, representada por 11 infraordens: Achelata, Anomura, Astacidea, Axiidea, Brachyura, Caridea, Gebiidea, Glypheidea, Polychelida, Procarididea e Stenopididea (McLaughlin, 1980; Martin & Davis, 2001; Poore, 2016).

Os caranguejos verdadeiros, pertencentes à infraordem Brachyura constituem mais de 6.800 espécies descritas, representando uma grande etapa na evolução dos crustáceos, com hábitos e habitats extremamente diversificados, desde marinhos até terrestres (Ng et al., 2008; De Grave et al., 2009). A maioria das espécies, porém, é marinha, ocorrendo desde regiões costeiras rasas até mais de 2.000 m, das quais mais de 300 são conhecidas na costa brasileira, distribuídas em 161 gêneros, pertencentes a 23 famílias (Melo, 1996). O presente trabalho tem como alvo as espécies representantes das famílias Epialtidae e Portunidae, ambas contidas na seção Eubrachyura.

A família Epialtidae MacLeay, 1838, é a mais heterogênea entre os representantes da superfamília Majoidea, com 385 espécies, ocorrendo em todos os oceanos (Ng et al.,

2008), entre as quais podemos destacar as subfamílias Pisinae e Epialtinae. Esta família contém gêneros com distinta arquitetura orbital – órbitas incipientes, espinho pós-orbital côncavo em forma de cálice e bem separado do supra-orbital; carapaça piriforme, mais longa do que larga, recoberta por diversos espinhos de diferentes tamanhos em sua superfície dorsal; e quelípodos mais robustos do que as patas ambulatórias, as quais diminuem gradativamente de tamanho, de P2 a P5 (Ng et al., 2008).

A família Portunidae conta com cerca de 300 espécies descritas, das quais 21 ocorrem no Brasil (Melo, 1996). Se caracterizam pela presença de espinhos laterais na carapaça e pelo achatamento dorsoventral do último artículo do quinto par de pereiópodo, adaptado à natação (Williams, 1984). O gênero *Bathynectes* Stimpson, 1871, abriga espécies geralmente batiais, encontradas entre 100 e 1.445 m de profundidade (Manning & Houlthuis, 1981), contendo quatro espécies presentes em diferentes regiões do oceano Atlântico: *Bathynectes magavigna* (Prestandrea, 1839), que ocorre desde a Noruega até o sul das Ilhas Faroé; *B. longipes* (Risso, 1816), presente no Mar Mediterrâneo e no Atlântico, da Inglaterra a Portugal, incluindo a Ilha da Madeira; *B. piperitus* (Manning & Houlthuis, 1981), presente em Cabo Verde e oeste da África, do Marrocos até Angola; e *B. longispina* (Stimpson, 1871), presente no Atlântico Ocidental, de Massachusetts ao sul da Flórida, Golfo do México e Cuba (Powers, 1977), além do Brasil, onde está presente no Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Espírito Santo e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Tavares, 2003; Torres et al., 2006; Nunes et al., 2016).

Entre os inúmeros táxons que compõem a ordem Decapoda, está a infraordem Anomura MacLeay, 1938, que constitui um grupo de alta significância entre os crustáceos marinhos, conhecidos popularmente como ermitões (Ingle, 1993). São caracterizados por uma extensa variação morfológica do abdome e do télson, apresentando a maior diversidade entre os decápodes (McLaughlin, 1980). Este táxon é dividido atualmente em sete superfamílias: Lithodoidea Samounelle, 1819; Lomisoidea Bouvier, 1895; Galatheoidea Samounelle, 1819; Aegloidea Dana, 1852; Hippoidea Latreille, 1825; Chirostyloidea Ortmann, 1892; e Paguroidea Latreille, 1803 (Ahyong et al., 2009; De Grave et al., 2009; McLaughlin et al., 2010). A superfamília Paguroidea, que inclui os caranguejos-ermitões, é considerada um táxon monofilético (McLaughlin, 1983; Scholtz & Richter, 1995; Ahyong et al., 2009) dividido atualmente em seis famílias: Coenobitidae Dana, 1851; Diogenidae Ortmann, 1892; Paguridae Latreille, 1802; Parapaguridae Smith, 1882; Pylochelidae Bate, 1888; e Pulojacquesidae McLaughlin & Lemaitre, 2001 (McLaughlin et al., 2010).

A infraordem Caridea, que inclui os camarões, compreendem 3.438 espécies distribuídas em 16 superfamílias e 36 famílias, sendo o segundo maior grupo em riqueza de espécies entre os decápodos (Martin & Davis, 2001; De Grave & Fransen, 2011). Ocupam uma grande diversidade de habitats, sendo encontrados em todas as latitudes, desde regiões tropicais até as polares, em substratos não consolidados e consolidados, colonizando desde o ambiente marinho até os de água doce em cavernas subterrâneas, com representantes marinhos, anfídromos e exclusivamente dulciaquícolas (Bauer, 2004; De Grave et al., 2009).

Os isópodos, com mais de 10.300 espécies, representam, aproximadamente, um quinto de todas as espécies conhecidas de crustáceos (Poore & Bruce, 2012). São comumente encontrados em uma grande variedade de ambientes, estando amplamente distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais. São animais, em sua grande maioria, dorso-ventralmente achatados, que podem variar de 0,5 a 500 mm de comprimento e apresentar ampla variedade morfológica (Brusca & Brusca, 2003; Wilson, 2008; Poore & Bruce, 2012). A família Cirolanidae (Ahyong et al., 2011) possui 490 espécies distribuídas em 61 gêneros, das quais apenas 20 (9 gêneros) são registradas para o Brasil (Brasil-Lima & Barros, 1998; Riseman et al., 2001; Magalhães & Young, 2003; Paiva & Souza-Filho, 2015). O gênero *Bathynomus* possui 10 espécies, das quais três já foram registradas em águas brasileiras, todas capturadas no presente trabalho representando novas ocorrências para o estado de Pernambuco: *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879, *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978 e *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003. O estudo desta família no Brasil, contudo, encontra-se em um estágio ainda bastante embrionário, existindo várias lacunas no conhecimento sobre a sua biogeografia e ecologia.

Estudos sobre os crustáceos de águas profundas despertam grande interesse entre os pesquisadores em recursos marinhos uma vez que as espécies apresentam ampla distribuição, além de possuírem, em muitos casos, elevado valor comercial (Taisoun, 1973; Perez, 2009; Anastasopoulou et al., 2017). Investigações de habitats em águas profundas e sua fauna estão sendo cada vez mais desenvolvidas em todo o mundo, em razão dos recentes avanços nas tecnologias de captura (Pauly et al., 2003; Perez, 2009; Ramirez-Llodra et al., 2010), contribuindo com novas descobertas e, assim, para uma melhor compreensão da vida no planeta. No entanto, as espécies presentes nos ecossistemas de águas profundas são especialmente vulneráveis à sobrepesca devido às suas características biológicas, incluindo, em sua maioria, alta longevidade, baixa taxa de

crescimento, maturidade sexual tardia e baixa fecundidade (Morato et al., 2006; Follesa et al., 2011), o que resulta em uma reduzida capacidade de recuperação dos seus estoques. Além disso, o seu comportamento de formar agregações na época de reprodução ou para alimentação, aumenta muito a sua vulnerabilidade à pesca (Koslow et al., 2000; Devine et al., 2006). O desenvolvimento de novas pescarias por esses recursos, portanto, requer um conhecimento antecipado detalhado da história de vida das espécies e de sua ecologia, bem como da biodiversidade associada aos ecossistemas marinhos de profundidade (FAO, 2003; Munro, 2011).

O gradiente batimétrico, de maneira geral, exerce uma grande influência na distribuição vertical das espécies bentônicas de águas profundas. A característica mais bem estabelecida na estrutura dessas comunidades é a distribuição do estoque (biomassa e abundância) desde as plataformas continentais até as planícies abissais (Wlodarska-Kowalczyk et al., 2004; Rex et al., 2006; Yeh & Dranzen, 2009), refletindo distintas adaptações bioquímicas e fisiológicas (Childers, 1995; Company & Sarda, 1998, Rosa et al., 2009) com consequentes implicações ecológicas e evolutivas (Rosa et al., 2012). Isto é principalmente impulsionado pelo declínio na taxa de entrada de carbono orgânico com a profundidade (Rex et al., 2006). Outro padrão bem conhecido é a zonação, i.e. a mudança na composição das espécies com a profundidade, de forma que a fauna do talude continental é distinta daquelas presentes na plataforma acima e na planície abissal abaixo (Gage et al., 2000; Carney et al., 2005; Yeh & Dranzen, 2009).

A plataforma continental na costa nordeste do Brasil é caracterizada pela baixa profundidade (< 60m), baixa entrada de matéria orgânica drenada do continente, fundos calcários grosseiros e predominância de águas quentes (Kempf, 1970; Summerhayes et al., 1975; Castro & Miranda, 1998), caracterizando uma baixa produtividade. As informações aportadas pelo programa REVIZEE sobre os crustáceos de profundidade coletados no talude e plataforma continental da costa nordestina representaram uma importante contribuição ao conhecimento deste grupo zoológico (Viana et al., 2002; Coelho-Filho, 2006; Oliveira et al., 2011; Oliveira et al., 2014). De uma maneira geral, entretanto, os trabalhos realizados focaram apenas nas análises de composição, distribuição e abundância, sendo, portanto, desejável que novas informações sejam aportadas em relação à composição específica, aspectos da biologia e ecologia da fauna bentônica de águas profundas na costa nordeste do Brasil, em particular no estado de Pernambuco, a qual permanece ainda praticamente desconhecida, especialmente no caso da carcinofauna.

Esta tese representa um esforço nessa direção, apresentando uma análise da composição, distribuição e biologia das referidas espécies e descrevendo a sua organização populacional com base nas proporções dos diferentes grupos demográficos, nas distribuições de indivíduos de cada sexo em classes de tamanho e nas proporções entre os sexos. Os dados gerados não apenas proporcionarão um melhor entendimento acerca das estratégias de vida das espécies estudadas e, de uma maneira mais ampla, dos ecossistemas marinhos de profundidade, como contribuirão para a sua conservação e gestão das suas pescarias, caso as mesmas venham a se desenvolver no estado.

1.2 - Objetivos do trabalho

1.2.1- Geral

Efetuar um levantamento taxonômico, uma caracterização morfológica e uma análise dos aspectos reprodutivos das espécies de crustáceos de profundidade capturados por armadilhas de fundo no talude superior do estado de Pernambuco.

1.2.2- Específicos

1. Efetuar um levantamento das espécies de crustáceos de profundidade presentes no talude superior de Pernambuco descrevendo a sua morfologia e comparando a mesma com a de exemplares provenientes de diferentes regiões;
2. Descrever as variações espaciais e temporais na estrutura das assembleias de crustáceos de profundidade capturados na plataforma continental externa e talude continental de Pernambuco;
3. Estimar abundância e densidade relativa da carcinofauna de profundidade;
4. Estudar os aspectos reprodutivos das espécies mais abundantes.

1.3- Referências

- Ahyong, S.T.; Schabel, K.E. & Maas, E. 2009. Anomuran phylogeny: new insights from molecular data *in* (Martin, J.W.; Grandall, K.A. & Felder, D.L.; Eds) **Decapod Crustacean Phylogenetics**.
- Ahyong, S.T.; Lowry, T.; James, K.; Alonso, M.; Bamber, R.N.; Boxshall, G.A.; Castro, P.; Gerken, S.; Karaman, G.S.; Goy, J.W.; Jones, D.S.; Meland, K.D.; Rogers, C. & Svavarsson, J. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. *In*: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: Na outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**. 3148: 165-191.
- Amaral, A.C.Z. & Jablonski, S. 2005. Conservation of marine and coastal biodiversity in Brazil. **Conservation Biology**, 19(3): 625-631.

- Anastasopoulou, A.; Makantasi, P.; Kapisir, K.; Smith, C.J.; Maravelias, C. & Kalogirou, S. 2017. Reproductive biology of *Plesionika narval* in the SE Aegean Sea (Eastern Mediterranean). **Medit. Mar. Sci.** 18(3): 454 – 4667
- Barreto, A.V.; Coelho, P.A.; Ramos-Porto, M.; Torres, M.F.A. 1991. Distribuição batimétrica dos Brachyura (Crustacea, Decapoda) na plataforma continental Norte-Nordeste do Brasil. **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE.** 22:291-303.
- Barreto, A.V. 1991. Distribuição dos Brachyura (Crustacea Decapoda) na plataforma continental Norte e Nordeste do Brasil. **Dissertação de mestrado** – UFPE. 125p.
- Bauer, R.T. 2004. Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans. **Norman: University of Oklahoma Press.** 282p.
- Boschi, E.E. 2000. Biodiversity of marine decapod brachyurans of Americas. **J. Crustacean Biol.** 20 (2): 337-342.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. 2003. Invertebrates. 2nd edition. Sinauer Ass., Sunderland, Massachusetts. 936p.
- Brasil-Lima, I.M. & Barros, C.M.L. 1998. Malacostraca – Peracarida. Freshwater Isopoda. Flabellifera and Asellota. In: Young, P.S. (Ed.) **Catalogue of Crustacea of Brazil.** Rio de Janeiro: Museu Nacional. 645-651págs.
- Carney, R.S. 2005. Zonation of deep biota on continental margins. **Oceanogr. Mar. Biol.** 43: 511 – 278
- Castro, B.M. & Miranda, L.B. 1998. Physical oceanography of the Western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S – Coastal segment 4. In: Robinson, A.R. & Brink K.H. (eds) **The Sea.** Vol. 11 209 – 251 p.
- Childress, J.J. 1995. Are there physiological and biochemical adaptations of metabolism in deep-sea animals? **Trends Ecol. Evol.** 10(1): 30 – 36
- Coelho-Filho, P.A. 2004. Análise do macrobentos na plataforma continental externa e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil no âmbito do programa REVIZEE. UFPE, Departamento de Oceanografia.
- Coelho-Filho, P.A. & Freitas, T.C. 2004. Macrozoobentos da plataforma continental externa e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil, recolhidos durante a primavera de 2000 pelo Programa REVIZEE (Comissão NE IV). **Trop. Oceanogr.** 32(2): 201-218.
- Coelho-Filho, P.A. 2006. Checklist of the Decapods (Crustacea) from the outer continental shelf and seamounts from Northeast of Brazil – REVIZEE Program (NE III). **Zootaxa.** 1184: 1 – 27
- Coelho, P.A., Almeida, A.O. & Bezerra, L.E.A. 2008. Checklist of the marine and estuarine Brachyura (Crustacea: Decapoda) of northern and northeastern Brazil. **Zootaxa.** 1956: 1 – 58
- Company, J.B. & Sardá, F. 1998. Metabolic rates and energy content of deep-sea benthic decapod crustaceans in the Western Mediterranean Sea. **Deep-Sea Res. Part I** 45: 1861 – 1880
- De Grave, S.E.; Pentcheff, N.D.; Ahyong, S.T.; Chan, T.; Crandall, K.A.; Dwoorschak, P.C.; Felder, D.L.; Feldmann, R.M.; Franssen, C.H.J.M.; Goulding, L.Y.D.; Lemaitre,

- R.; Low, M.E.Y.; Martin, J.W.; Ng, P.K.L.; Schweitzer, C.E.; Tan, S.H.; Tshudy, D. & Wetzer, R. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. **R. Bull. of Zoology**. 21: 1 – 109
- De Grave, S.E. & Fransen, C.H.J.M. 2011. Carideorum Catalogus: The Recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). **Zoologische Mededelingen**. 85(9): 195-589.
- Devine, J.A.; Baker, K.D. & Haedrich, R.L. 2006. Deep-sea fishes qualify as endangered. **Nature**. 439: 29
- Fausto Filho, J. 1966. Primeira contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arq. Esta. Biol. Mar. UFC**. 6(1): 31-37.
- Fausto Filho, J. 1967. Segunda contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arq. Esta. Biol. Mar. UFC**. 7(1): 11-14.
- Fausto Filho, J. 1968. Terceira contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arq. Esta. Biol. Mar. UFC**. 8(1): 43-45.
- Fausto Filho, J. 1970. Quarta contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arq. Esta. Biol. Mar. UFC**. 10(1): 55-60.
- Fausto Filho, J. 1975. Quinta contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arq. Esta. Biol. Mar. UFC**. 14(1): 1-35.
- Follesa, M.C.; Porcu, C.; Cabiddu, S.; Mulas, S.; Deiana, A.M. & Cau, A. 2011. Deep-water fish assemblages in the central-western Mediterranean (south Sardinian deep-waters). **J. Appl. Ichth.** 27: 129 – 135
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2003. Fisheries management 2. The ecosystem approach to fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries N° 4, Suppl. 2, Rome, 112 p.
- Garla, R.; Chapman, D.; Shivji, M.; Wetherbee, B. & Amorim, A. 2006. Habitat of juvenile Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezi*, at two oceanic insular marine protected areas in the southwestern Atlantic Ocean: Fernando de Noronha Archipelago and Atol das Rocas. **Brazil. Fish. Res.** 81:236–241.
- Gage, J.D.; Lamont, P.A.; Kroeger, K.; Paterson, G.L.J & Vecino, J.L.G. 2000. Patterns in deep-sea macrobenthos at the continental margin: standing crop, diversity and faunal change on the continental slope off Scotland. **Hydrobiologia** 440: 261 – 272
- Hendrickx, M.E. 1995. Restoration of Pseudorhombila – Xanthiforms Garth 1940, for nanoplax-garthi Guinot 1969 (Decapoda, Goneplacidae). **Crustaceana**, 68: 12 – 20
- Ingle, R.W. 1993. Hermit crabs of the northeastern Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. An illustrated key. **Natural History Museum Publications**, London.
- Kempf, M. 1970. Notes on the benthic bionomy of N-NE Brazilian shelf. **Mar. Biol.** 5: 9 – 26
- Kitahara, M.V. 2009. A pesca demersal de profundidade e os bancos de corais azooxantelados do sul do Brasil. **Biota Neotrop.** 9(2): 35 – 44
- Koenig, M.L. 1972. Nota sobre a ocorrência de alguns isópodos no Norte e Nordeste do Brasil. **Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. PE**. 13: 237 – 244

- Koslow, J.A.; Boeufert, G.W.; Gordon, J.D.; Haedrich, R.L.; Lorange, P. & Parin, K.A. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. **J. Mar. Sci.** 57: 548 – 557
- Lana, P.C.; Camargo, M.G.; Brogim, R.A. & Isaac, V.J. 1996. O bentos da costa brasileira: Avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1856-1996). Rio de Janeiro, Femar, 432 p.
- Lemos de Castro, A. 1978. Descrição de uma espécie nova gigante do gênero *Bathynomus* A. Milne-Edwards do litoral brasileiro (Isopoda, Cirolanidae). **Revista Brasileira de Biologia.** 38(1): 37-44.
- Longhurst, A.R. & Pauly. 1987. Ecology of Tropical Oceans. San Diego: **Academic Press.** 301p.
- Magalhães, N. & Young, P.S. 2003. *Bathynomus* A. Milne-Edwards, 1879 (Isopoda, Cirolanidae) from the Brazilian coast, with description of a new specie. **Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro.** 61(4): 221-239.
- Martin, J.W. & Davis, G.E. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. Contributions in Science. **Natural History Museum of Los Angeles County.** 39: 1. 2001
- McLaughlin, P.A. 1980. Comparative morphology of Recent Crustacea. Estados Unidos da América, W.H. Freeman and Company. 173p.
- McLaughlin, P.A.; Camp, D.K.; Angel, M.V.; Bousfied, E.L.; Brusca, R.C.; Cadien, D.; Cohen, A.C.; Conlan, K.; Eldredge, L.C.; Felder, D.L.; Goy, J.W. Haney, T.A.; Hann, B.; Heard, R.W.; Hendrycks, E.A.; Hobbs, H.H.; Holsinger, J.; Kensley, B.; Laubitz, D.R.; Lecroy, S.E.L.R.; MadDocks, R.F.; Martin, J.W.; Mikkelsen, P.; Nelson, E.; Newman, W.A.; Overstret, R.M.; Poly, W.J.; Price, W.W.; Reid, J.W.; Robertson, A.; Rogers, D.C.; Ross, A.; Schotte, M. Schram, F.R.; Shih, C.T. Watling, L.; Wiolson, G.D.F. & Turgeon, D.D. 2005. Common and scientific names of aquatic invertebrates from the United States and Canada: Crustaceans. **Am. Fish. Soc. Spec. Publ.** 31: 1-545.
- McLaughlin, P.A. 2010. Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world (exclusive of Kiwaoidea and families Chirostylidae and Galatheidae of the Galatheoidea) Part I – Lithodoidea, Lomisoidea and Paguroidea. **The Raffles Bull. of Zoology.** 23: 5-107.
- Melo, G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo: Plêiade/FAPESP. 604p.
- Moseley, M.A. 1879. Notes by a naturalist on the “Challenger” being an account of various observations made during the voyage of H.M.S “Challenger” round the world, on the years 1872 – 1876. Londres, Macmillan and Co. 654 p.
- Morato, T.; Watson, R. Pitcher, T.J. & Pauly, D. 2006. Fishing down the deep. **Fish. Fish.** 7: 24 – 34

- Munro, J.L. 2011. Assessment of exploited stocks of tropical fishes: an overview. In: Christensen V, Maclean J (eds). Ecosystem approaches to fisheries. Cambridge, 145 – 1170.
- Ng, P.K.L., Guinot, D. & Davie, P.J.F. 2008. Systema Brachyrrorum: part I. An annotated checklist of extant crabs of the world. **The Raffles Bull. of Biology**, 17: 1-286.
- Nunes, D.M.; Travassos, P. Ferreira, R. & Hazin, F. 2016. Distribution, relative abundance and diversity of deep-sea species at São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 44(2): 228 – 237
- Oliveira, V.S., Ramos-Porto, M., Santos, M.C.F., Hazin, F.H.V., Cabral, E. & Aciole, F.D. 2011. Distribuição batimétrica e características populacionais do camarão *Heterocarpus ensifer* (CARIDAE – PANDALIDAE) capturado na plataforma externa e talude continental da costa Nordeste do Brasil. **Bol. Inst. Pesca.** 37(4): 375-382.
- Oliveira, V.S., Ramos-Porto, M., Santos, M.C.F., Hazin, F.H.V., Cabral, E. & Aciole, F.D. 2014. Características biométricas, distribuição e abundância relativa do camarão *Plesionika edwardsii* na costa Nordeste do Brasil. **Bol. Inst. Pesca.** 40(2): 215-222.
- Paiva, R.J.C. & Souza-Filho, J.F. 2015. A new species of *Dolicholana* Bruce, 1986 (Isopoda, Cymothoidea, Cirolanidae), the first record of the genus from the Atlantic Ocean. **Zootaxa** 4039(2): 276-288.
- Pardo, L.M.; Piraud, F.; Mantelatto, F.L. & Ojeda, F.P. 2007. Ontogenetic pattern of resource use by the tiny hermit crab *Pagurus villosus* (Paguridae) from the temperature Chilean coast. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 353: 68 – 79
- Pauly, D.; Alder, J.; Bennet, E.; Christensen, V.; Tyedmers, P. & Watson, R. 2003. The future for fisheries. **Science.** 21: 1359 – 1361
- Perez, J.A.A.; Pezzuto, P.R.; Wahrlich, R.; Soares, A.L. S. 2009. Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 37 (3): 513-541.
- Petersen, C.G. 1913. Latuation of the sea. II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. **Rep. Dan. Biol. Stat.** 21, 44p.
- Pinheiro, M.A.A; Boos, H. 2016. Livro vermelho dos crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Carcinologia – SBC, 466 p.
- Poore, G.C.B. & Bruce, N.L. 2012. Correction: Global Diversity of Marine Isopods (Except Asellota and Crustacean Symbionts). **PLoS ONE** 7(9).
- Poore, G.C.B. 2016. The names of the higher taxa of Crustacea Decapoda. **Journal of Crustacean Biology.** 36, 248-255.
- Ramirez-Llodra, E.; Brandt, A.; Danovaro, R.; De Mol, B.; Escobar, E.; German, C.R.; Levin, L.A.; Martinez Arbizu, P.; Menot, L.; Buhl-Mortensen, P.; Narayanaswamy, B.E.; Smith, C.R.; Tittensor, D.P.; Tyler, P.A.; Vanreusel, A. & Vecchione, M. 2010.

Deep, diverse and definitely different: unique attributes of the world's largest ecosystem. **Biogeosciences**. 7: 2851-2899.

Ramos-Porto, m., Silva, K.C.A., Viana, G.S.F. & Cintra, I.H.A. 2000. Camarões de profundidade coletados no Norte e Nordeste do Brasil (Crustacea: Penaeidea e Caridea). *Trab. Oceanogr. UFPE*. 28(1): 71-85.

Ramos-Porto, M. 2001. Sistemática e ecologia dos camarões marinhos do Estado de Pernambuco, Brasil (Crustacea Decapoda: Dendrobranchiata e Pleocyemata). Tese de Doutorado. Dep. De Oceanogr. UFPE. 2001.

Ramos-Porto, M.; Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Viana, G.F.S.; Cabral, E. & Acioli, F.D. 2002. Ocorrência do gênero *Acanthocarpus* Stimpson, 1871 (Crustacea: Decapoda: Brachyura) em águas do Nordeste brasileiro. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**. 10(1):97-106.

Rex, M.A.; Etter, R.J.; Morris, J.S.; Crouse, J.; McClain, C.R.; Johnson, N.A.; Stuart, C.T.; Deming, J.W.; Thies, R. & Avery, R. 2006. Global bathymetric patterns of standing stock and body size in the deep-sea benthos. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 317: 1 – 8

Rice, A.L. 1988. The megalopa stage in majid crabs, with a review of spider crab relationships based on larval characters. In: Fincham, A.A., Rainbow, P.S. (Eds.). **Aspects of Decapoda Crustacean Biology**. Symposium of the Zoological Society of London, pp. 27-46.

Riseman, S.F.; Pires-Vanin, A.M.S. & Brusca, R.C. 2001. A new species of *Politolana* (Flabellifera: Cirolanidae) from the south Brazilian shelf. In: Kenlsey, B. *et al.* (Ed) **Isopod systematics and evolution. Crustacean Issues**, 13: 51-61.

Rosa, R.; Trueblood, L. & Seibel, B.A. 2009. Ecophysiological influence on scaling of aerobic and anaerobic metabolism of oceanic gonatid squids. **Physiol. Biochem. Zool.** 82(5): 419 – 429

Rosa, R.; Boavida-Portugal, J.; Trübenbach, K.; Baptista, M.; Araújo, M. & Calado, R. 2012. Descending into the abyss: Bathymetric patterns of diversity in decapod crustaceans shift with taxonomic level and life strategies. **Deep-Sea Res. Part I**. 34: 9 – 21

Scholtz, G. & Richter, S. 1995. Phylogenetic systematics of the reptantian Decapoda (Crustacea, Malacostraca). **Zool. J. Linean. Soc.** 113: 289-328.

Snelgrove, P.V.R. & Smith, C.R. 2002. A riot of species in an environmental calm; The paradox of the species-rich deep-sea. **Mar. Bio.** 40: 311-342.

Southwood, T. & Henderson, P. 2000. Ecological methods. **Blackwell Science**, Oxford.

Summerhayes, C.P.; Coutinho, P.N.; Franca, A.M.C. & Ellis, J.P. 1975. Continental margin sedimentation off Brazil. Part III, Dalvador to Fortaleza, Northeastern Brazil. **Contr. Sediment.** 4: 44 – 78

Taissoun, N.E. 1973. Los cangrejos de la familia Protunidae (Crustaceos Decapodos Brachyura) em el occidente de Venezuela. **Boln. Cent. Invest. Biol.** 8: 1-77.

- Tavares, C.R. 2003. First record of *Bathynectes longispina* Stimpson, 1871 (Crustacea: Portunidae) from Southwestern Atlantic. **Bol. Mus. Nac.** 506: 1 – 6
- Torres, M.F.A.; Ramos-Porto, M.; Viana, G.S.F.; Coelho, P.A.; Botter-Carvalho, M.L. & Santos, M.C.F 2006. Redescricao e ocorrência de *Bathynectes longispina* Stimpson, 1871, em águas do nordeste brasileiro (Decapoda: Portunidae). **Bol. Tec. Cepnor.** 6(1): 133 – 140
- Viana, G.F.S.; Ramos-Porto, M., Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Cabral, E. & Acioli, F.D. 2002. Espécies de *Rochinia* A. Milne-Edwards, 1875 (Decapoda: Brachyura: Majidae) coletadas em águas do Nordeste Brasileiro. **Bol. Técn. Cient. CEPENE.** 10(1):85-96.
- Viana, G.F.S.; Ramos-Porto, M., Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Cabral, E. & Acioli, F.D. 2003. Caranguejos coletados no Norte e Nordeste do Brasil durante o programa REVIZEE (Crustacea, Decapoda, Brachyura) **Bol. Técn. Cient. CEPENE.** 11(1):117-144.
- Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. **Smithsonian Institution Press**, Washington, 550p.
- Wilson, G.D.F. 2008. Global diversity of Isopod crustaceans (Crustacea: Isopoda) in freshwater. **Hydrobiologia.** 595: 231-240.
- Wlodarska-Kowalczyk, M.; Kendall, M.A.; Weslawski, J.M. Klages, M. & Soltwedel, T. 2004. Depth gradients of benthic standing stock and diversity on the continental margin at a high-latitude ice-free site (off Spitsbergen, 79° N). **Deep-Sea Res. Part I** 51: 1903 – 1914
- Yeh, J. & Dranzen, J.C. 2009. Depth zonation and bathymetric trends of deep-sea mega faunal scavengers of the Hawaiian Islands. **Deep-Sea Res. Part I** 56: 251 – 266

5- Capítulo 1

Abundância e distribuição batimétrica de crustáceos de profundidade capturados na plataforma continental externa e talude superior de Pernambuco, Brasil, com 6 novos registros de ocorrência

Resumo

No presente trabalho, comunidades bentônicas que habitam o mar profundo no estado de Pernambuco foram investigadas utilizando armadilhas de fundo do tipo covo, lançadas em profundidades variando entre 218 e 600 m. A composição específica dos crustáceos capturados foi analisada, tendo sido identificadas 12 espécies, das quais metade delas (6) representam novas ocorrências para a área de estudo, com uma nova ocorrência para o Atlântico Sul. A maior diversidade foi encontrada no estrato de profundidade entre 500 – 550 m, embora a maioria das capturas tenha ocorrido próximo à isóbata de 300 m. A CPUE, contudo, não apresentou diferenças significativas entre as áreas prospectadas, turnos ou estratos de profundidade analisados. Os maiores índices de abundância foram registrados para as espécies de isopode *Bathynomus miyarei* (33,67 ind. x L⁻¹), na estação 8, 405 m, centro, e camarão soldado *Plesionika edwardsii* (44,66 ind. x L⁻¹) na estação 11, 307 m, sul. Além de sua alta abundância, os isopodes também foram mais constantes nas capturas (CO= 35,6%). De maneira geral, os crustáceos coletados estiveram bem distribuídos ao longo da plataforma continental e talude superior do litoral pernambucano, embora o litoral sul tenha apresentado uma maior abundância, ainda que a diferença não tenha sido estatisticamente significativa.

Introdução

Os estudos relacionados com a composição dos invertebrados marinhos são de fundamental importância para um melhor conhecimento acerca das espécies presentes nas comunidades bentônicas, essenciais para a conservação da biodiversidade desses ambientes. O mar profundo foi considerado por muito tempo um ambiente pobre em nutrientes, com baixa biomassa e diversidade de espécies. Com o desenvolvimento de tecnologias para prospecção em águas profundas, porém, elevados índices de biodiversidade em profundidades superiores a 100 m têm sido cada vez mais reportados em todo o mundo (Perez et al., 2009; Ramirez-Llodra et al., 2010). Na verdade, estimativas recentes de biodiversidade em águas profundas têm mostrado que essas regiões são potencialmente um dos maiores reservatórios de biodiversidade da Terra,

especialmente em razão da macro- e meio-fauna bentônica (Snelgrove & Smith, 2002; Kitahara, 2009; Ramirez-Llodra et al., 2010), na qual se incluem a maioria dos crustáceos.

O subfilo Crustacea é considerado o quarto grupo animal em riqueza de espécies em termos de diversidade geral, compreendendo aproximadamente 52.000 espécies descritas, das quais 84% são marinhas, 13% dulciaquícolas e apenas 3% são terrestres (Martin & Davis, 2001). A maioria das espécies, porém, ocorrem nas regiões tropicais e subtropicais, com uma diminuição significativa em direção às regiões temperadas-frias e frias (Boschi, 2000). Embora os mares e oceanos sejam os habitats mais comuns deste grupo, estudos sobre os crustáceos associados a águas profundas (> 200 m) são ainda incipientes, apesar dos crustáceos constituírem um dos recursos de maior importância na indústria pesqueira em todo mundo, apresentando, em geral, um elevado valor comercial e constituindo uma das principais fontes de proteína para o consumo humano. Além de fonte de alimento, porém, os crustáceos integram também níveis de base e intermediários da cadeia trófica, exercendo um papel fundamental no equilíbrio do ecossistema marinho. Muitos animais aquáticos têm os crustáceos como principal item alimentar, além de muitos crustáceos serem predadores por excelência de muitos outros grupos zoológicos, o que torna o conhecimento sobre os mesmos fundamental para a compreensão de toda a dinâmica de funcionamento dos ecossistemas marinhos.

Na plataforma continental nordestina os crustáceos representam o grupo mais conhecido entre os macrozoobentos, devido principalmente aos trabalhos desenvolvidos por Fausto-Filho 1966; 1967; 1968; 1970; 1975, Koenig 1972, Barreto 1991, Barreto et al., 1991, Ramos-Porto 2001, Ramos-Porto et al., 2002, Torres et al., 2002, Viana et al., 2002; 2003 e Coelho et al., 2008. Na plataforma continental externa e talude do Estado de Pernambuco, estudos sistemáticos sobre a fauna de crustáceos de águas profundas foram desenvolvidos pela primeira vez pelo Programa REVIZEE (Programa de Avaliação

do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), entre os anos de 1995 e 2005, representando uma importante contribuição para o conhecimento da diversidade da fauna marinha de profundidade (Viana et al., 2002; Ramos-Porto et al., 2000, Coelho-Filho & Freitas, 2004; Coelho-Filho, 2006, Oliveira et al., 2014). Entretanto, as informações aportadas pelo REVIZEE continuam sendo até hoje praticamente as únicas existentes sobre os crustáceos de profundidade (>200m) nessa região. Com vistas a preencher essa lacuna, no presente trabalho, prospecções pesqueiras com armadilhas iscadas foram realizadas na plataforma externa e talude continental de Pernambuco, visando aportar novas informações sobre as espécies que habitam as águas profundas dessa região, incluindo a identificação específica e estudos bioecológicos.

Material e métodos

A plataforma continental de Pernambuco está inserida na margem continental nordeste-leste do Brasil, com aproximadamente 187 km de extensão norte-sul, localizando-se entre as latitudes 07°30'S e 09°00'S. Limita-se ao norte com a praia de Carne de Vaca (Município de Goiana), divisa com o Estado da Paraíba, e ao sul com a praia de São José da Coroa Grande (Município de São José da Coroa Grande), fronteira com o Estado de Alagoas. O presente trabalho foi desenvolvido entre as latitudes de 07° 47'S e 08° 52'S, no período de outubro de 2014 a março de 2018, na plataforma externa e talude continental, em diferentes estratos de profundidade. A área prospectada foi dividida em três seções latitudinais: Norte (07°47' - 07°59'S), Centro (08°06' - 08°20'S) e Sul (08°30' - 08°52'S) (Figura 1). Para a captura dos crustáceos de águas profundas foram realizadas 38 operações de pesca, durante as quais foram lançadas 114 armadilhas de fundo (covos), alternadamente entre os turnos diurno e noturno, com três armadilhas tendo sido utilizadas por lance. Como isca foi utilizada a cavalinha (*Scomber japonicus*),

acondicionada dentro de sacos de nylon vazados amarrados no interior das armadilhas, tendo sido empregado cerca de 500g de isca por armadilha.

Para cada operação de pesca foram anotadas as coordenadas geográficas, data, profundidade e as espécies que ocorreram em cada estação. Logo após a coleta, todos os indivíduos coletados foram devidamente etiquetados, fotografados com sua coloração natural, acondicionados em sacos plásticos e armazenados na câmara frigorífica da embarcação para posterior transporte ao Laboratório de Oceanografia Pesqueira (LOP) do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, onde foram identificados ao menor nível taxonômico possível, de acordo com a bibliografia existente (Tavares 1991, Melo 1996, Rego & Cardozo 2010, Paiva 2012). Os indivíduos com identificação duvidosa estão sendo avaliados por especialistas com possíveis registros de novas espécies para a ciência e serão tratados neste trabalho ao nível de gênero. O material coletado está depositado no Museu do Oceanografia Petrônio Alves Coelho da Universidade Federal de Pernambuco (MOUFPE) e na Coleção Didática de Invertebrados Marinhos do LOP-UFRPE.

A participação relativa nos pontos de coleta (números de indivíduos em um determinado ponto de coleta/ número total de indivíduos em todos os pontos de coleta) foi também estimada. A constância das espécies foi calculada de acordo com Dajoz (1983), por meio da fórmula $CO = p \cdot 100 / P$, onde p é o número de amostras em que a espécie ocorreu e P é o número total de amostras realizadas. A diversidade da comunidade (H') foi estimada pelo índice de Shannon-Wiener (Pielou, 1966), assim como seus componentes: riqueza de espécies através do índice de Margalef (d) e equitabilidade de Pielou (E') por faixa de profundidade, turno e seção latitudinal. Os índices de diversidade foram estimados pelo programa Primer Versão 6.1.6.

A distribuição e abundância relativa dos crustáceos foi analisada com base no número de indivíduos capturados (total e subordens) e na CPUE (Captura por Unidade de Esforço), expressa em número de indivíduos capturados por lance ($\text{ind.} \times \text{L}^{-1}$), por estrato de profundidade (agrupadas em intervalos de 50 m), por seção latitudinal (Norte, Centro e Sul), e por turno (Dia e Noite). Como a variação da CPUE nos intervalos de profundidade, posição e turno não foram homogêneos, a significância estatística das diferenças encontradas foi avaliada por meio dos testes não paramétricos de Kruskal-Wallis (distribuições por estrato de profundidade e posição latitudinal), e de Mann-Whitney (para distribuições de turno. As análises foram realizadas através do programa SPSS Statistics (Version 20) e R (R Development Core Team, 2014) para estimativas de abundância (CPUE), riqueza, e diversidade, todas ao nível de significância de 5%.

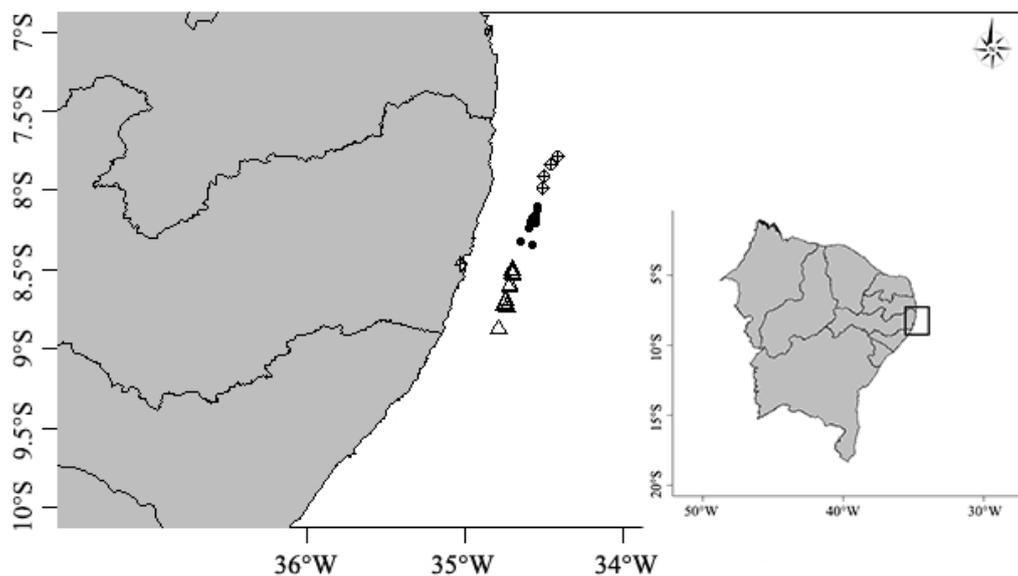


Figura 1. Distribuição das estações de coleta no talude superior de Pernambuco utilizando armadilhas de fundo tipo covó entre outubro de 2014 e março de 2018. Seção Norte ⊕, Centro ●, e Sul △.

Resultados

As profundidades em que as armadilhas atuaram variou entre 218 m (estação 10) e 600 m (estação 18), com a maioria das estações tendo se situado na posição Centro (19) e no turno Noturno (25) (Tabela 1). Seiscentos e noventa (690) crustáceos de águas

profundas foram capturados durante o período de estudo na plataforma continental e talude superior de Pernambuco, representados por 12 espécies, distribuídas em duas ordens: Decapoda (57.8%) e Isopoda (42.2%). As espécies decápodes obtiveram a maior diversidade, com três subordens: Brachyura (7.4%), Caridea (46.1%) e Anomura (3.6%), enquanto que os isópodes pertenceram à subordem Cymothoida. A subordem mais representativa em relação ao número de espécies coletadas foi Brachyura (4), sendo três da família Epialtidae (*Stenocionops spinosissimus* Saussure, 1857, *Rochinia crassa* A. Milne-Edwards, 1879 e *R. gracilipes* A. Milne-Edwards, 1875), e uma da família Portunidae (*Bathynectes longispina* Stimpson, 1871). A subordem Anomura foi representada por três espécies, todas de ermitões, distribuídos em três famílias: Diogenidae (*Paguristes inconstans* McLaughlin & Provenzano, 1975); Pylochelidae (*Mixtopagurus paradoxus* A. Milne-Edwards, 1880); e Parapaguridae (*Parapagurus* sp. Smith, 1879). Os indivíduos da subordem Cymothoida também pertenciam a três espécies, todas da família Cirolanidae: *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879, *B. miyarei* Lemos de Castro, 1978, e *B. obtusus* Magalhães & Young, 2003. A subordem Caridea, formada por camarões, foi representada por *Plesionika edwardsii* Brandt, 1851, e *Heterocarpus ensifer* A. Milne-Edwards, 1881, ambos pertencentes à família Pandalidae (Figura 2). Das 12 espécies analisadas no presente estudo, metade são novas ocorrências para o litoral pernambucano, contidas nas subordens Cymothoida (*Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* e *B. obtusus*) e Anomura (*Mixtopagurus paradoxus*, *Parapagurus* sp. e *Paguristes inconstans*), este último sendo o primeiro registro para o Atlântico Sul.

As espécies de Caridea foram as que apresentaram maior abundância absoluta, reflexo das capturas elevadas do *Plesionika edwardsii*, com 307 indivíduos capturados (43,9% do total, em número). A segunda espécie mais abundante foi o isópode de

profundidade *Bathynomus miyarei*, com 289 indivíduos, respondendo por 41,3% das capturas em número (Figura 3A). Esta espécie de isopode também apresentou maior constância de captura entre as estações de coleta (35,6%), ou seja, além da alta abundância, também esteve mais presente nos pontos amostrados.

Tabela 1. Data, localização e profundidade dos lances de pesca exploratória, utilizando armadilhas de fundo iscadas, na plataforma continental externa e talude superior do estado de Pernambuco, no período compreendido entre outubro de 2014 e março de 2018.

Estação	Data	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Profundidade (m)	Posição	Turno
1	30/10/2014	08° 11' 15"	034° 34' 26"	238	Centro	Noite
2	30/10/2014	08° 11' 13"	034° 34' 09"	300	Centro	Noite
3	04/12/2014	07° 59' 13,4"	034° 30' 16,9"	297	Norte	Noite
4	04/12/2014	07° 58' 49,6"	034° 30' 08,6"	300	Norte	Noite
5	17/01/2015	08° 12' 07"	034° 32' 59"	508	Centro	Dia
6	17/01/2015	08° 11' 40"	034° 32' 52"	500	Centro	Dia
7	21/03/2015	08° 11' 19,3"	034° 34' 07,6"	312	Centro	Noite
8	16/04/2015	08° 11' 26,5"	034° 33' 33,5"	405	Centro	Noite
9	20/05/2015	08° 20' 28,6"	034° 38' 32,6"	309	Centro	Noite
10	21/05/2015	08° 19' 30,2"	034° 38' 26,1"	218	Centro	Dia
11	10/06/2015	08° 30' 07,5"	034° 41' 37,7"	307	Sul	Noite
12	11/06/2015	08° 30' 18,2"	034° 41' 49,7"	290	Sul	Dia
13	15/07/2015	08° 14' 27,2"	034° 35' 40,2"	301	Centro	Noite
14	25/08/2015	08° 31' 22,8"	034° 41' 54,9"	311	Sul	Noite
15	26/08/2015	08° 30' 14,3"	034° 41' 37"	319	Sul	Dia
16	10/11/2015	07° 50' 16,7"	034° 27' 22,9"	400	Norte	Noite
17	11/11/2015	07° 50' 01,6"	034° 27' 18,1"	395	Norte	Dia
18	13/01/2016	07° 47' 23,2"	034° 24' 36,5"	600	Norte	Noite
19	29/07/2016	08° 52' 30"	034° 47' 12,9"	500	Sul	Noite
20	23/08/2016	08° 43' 42,5"	034° 44' 57,3"	405	Sul	Noite
21	23/08/2016	08° 42' 35,8"	034° 44' 32,1"	418	Sul	Noite
22	24/08/2016	08° 41' 23"	034° 44' 15,5"	406	Sul	Dia
23	24/08/2016	08° 44' 13,8"	034° 44' 02,3"	382	Sul	Dia
24	11/10/2016	08° 36' 28,6"	034° 42' 56,1"	402	Sul	Noite
25	11/10/2016	08° 35' 48,4"	034° 42' 53,2"	395	Sul	Noite
26	12/10/2016	08° 31' 57,3"	034° 41' 38,1"	410	Sul	Dia
27	12/10/2016	08° 31' 20,6"	034° 41' 39"	380	Sul	Dia
28	23/11/2016	07° 49' 07,8"	034° 27' 02,7"	407	Norte	Noite
29	26/04/2017	08° 10' 09,6"	034° 33' 11,8"	402	Centro	Noite
30	27/04/2017	08° 09' 44,1"	034° 33' 34"	300	Centro	Noite
31	26/09/2017	08° 10' 28,5"	034° 34' 23,2"	300	Centro	Dia
32	26/09/2017	08° 11' 12,2"	034° 33' 09,6"	300	Centro	Noite

33	22/02/2018	08° 11' 3,7"	034° 34' 11,5"	270	Centro	Noite
34	23/02/2018	08° 11' 54,7"	034° 34' 56,5"	256	Centro	Dia
35	23/02/2018	08° 10' 52,6"	034° 34' 14,7"	225	Centro	Noite
36	07/03/2018	08° 09' 12"	034° 33' 13"	324	Centro	Noite
37	08/03/2018	08° 07' 11"	034° 32' 25,5"	367	Centro	Dia
38	08/03/2018	08° 6' 13,3"	034° 32' 20,2	311	Centro	Noite

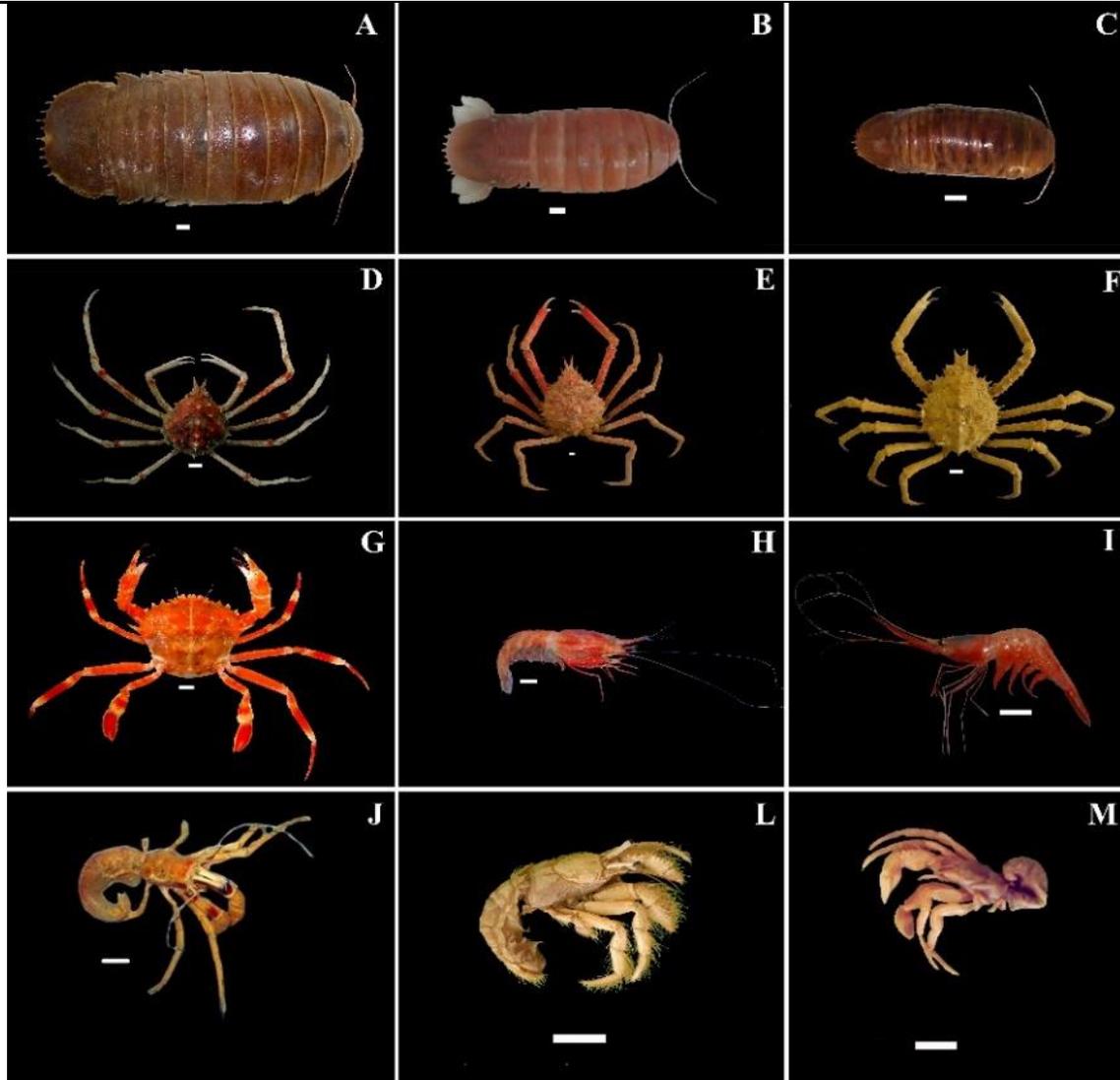


Figura 2. Espécies de crustáceos de profundidade coletados na plataforma continental e talude superior do estado de Pernambuco, entre os meses de outubro de 2014 e março de 2018. A) *Bathynomus giganteus*; B) *B. miarey*; C) *B. obtusus*; D) *Rochinia crassa*; E) *R. gracilipes*; F) *Stenocionops spinosissimus*; G) *Bathynectes longispina*; H) *Heterocarpus ensifer*; I) *Plesionika edwardsii*; J) *Paguristes inconstans*; L) *Mixtopagurus paradoxos*; M) *Parapagurus sp.* Escalas: 5 cm (A – I), 1 cm (J – M).

O caranguejo *Stenocionops spinosissimus* foi a terceira espécie com maior abundância relativa e constância (AR= 6,0% e CO= 15,6%). As demais espécies tiveram uma abundância relativa abaixo de 1% e constância entre 2,2 e 6,7%, entre os quais o

Bathynectes longispina obteve uma constância mais elevada que os demais (6,7%), cuja constância ficou abaixo de 4,4%. A riqueza total observada alcançou 12 espécies, com a maioria dos estimadores tendo alcançado esta assíntota. A estimativa de riqueza variou entre 14.60 para o amostrador Chao e 16.92 para Jacknife de segunda ordem, sugerindo, portanto, que foram registrados entre 71% e 82% da fauna acessível à metodologia de coleta (Tabela 2).

Tabela 2. Abundância absoluta, relativa (AR) e constância (CO) das espécies de crustáceos de profundidade capturados entre outubro de 2014 e março de 2018, na plataforma continental externa de Pernambuco

Subordens	Espécies	Abundância	Abundância relativa (AR) (%)	Constância (CO) (%)
Brachyura	<i>Stenocionops spinosissimus</i>	42	6,09	15,56
	<i>Rochinia crassa</i>	4	0,58	4,44
	<i>Rochinia gracilipes</i>	2	0,29	4,44
	<i>Bathynectes longispina</i>	3	0,43	6,67
Caridea	<i>Plesionika edwardsii</i>	307	44,49	20,00
	<i>Heterocarpus ensifer</i>	16	2,32	4,44
Anomura	<i>Paguristes inconstans</i>	23	3,33	4,44
	<i>Mixtopagurus paradoxus</i>	1	0,14	2,22
	<i>Parapagurus sp.</i>	1	0,14	2,22
Cymothoida	<i>Bathynomus miyarei</i>	289	41,88	35,56
	<i>Bathynomus giganteus</i>	1	0,14	2,22
	<i>Bathynomus obtusus</i>	1	0,14	2,22
Total de indivíduos		690	100,00	
Total de espécies		12		

O esforço de pesca sofreu variação entre estratos de profundidade, com um maior número de armadilhas lançadas nas regiões intermediárias, entre 250-450 m, embora a faixa de profundidade entre 500-550 m tenha apresentado a maior riqueza absoluta, com sete espécies: *B. miyarei*, *P. edwardsii*, *Heterocarpus ensifer*, *R. crassa*, *R. gracilipes*, *B. giganteus* e *B. obtusus*, seguidos na faixa entre 250-300 m com cinco espécies capturadas: *P. edwardsii*, *S. spinocissimus*, *P. inconstans*, *M. paradoxos* e *Parapagurus sp.* O esforço de pesca também variou entre as seções latitudinais, com maior número de armadilhas lançadas na seção Centro (57), seguida do Sul (39) e Norte (18). Na seção Sul

foram encontradas todas as espécies (12 espécies) enquanto que na seção Norte e Centro menos da metade das espécies estiveram presentes nas capturas (4 e 5 espécies, respectivamente). O Período noturno apresentou uma maior quantidade de espécies capturadas (10), enquanto que no período diurno foram capturadas 8 espécies, talvez devido à maioria dos crustáceos se alimentar mais ativamente durante a noite (Figura 3).

Os índices de diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies, calculados para todas as espécies agrupadas por estrato de profundidade, turno, posição latitudinal e para o total de lançamentos realizados, devem ser considerados com cautela, em razão da alta seletividade do aparelho de pesca utilizado (armadilha de fundo). Nenhuma amostra foi excluída da análise.

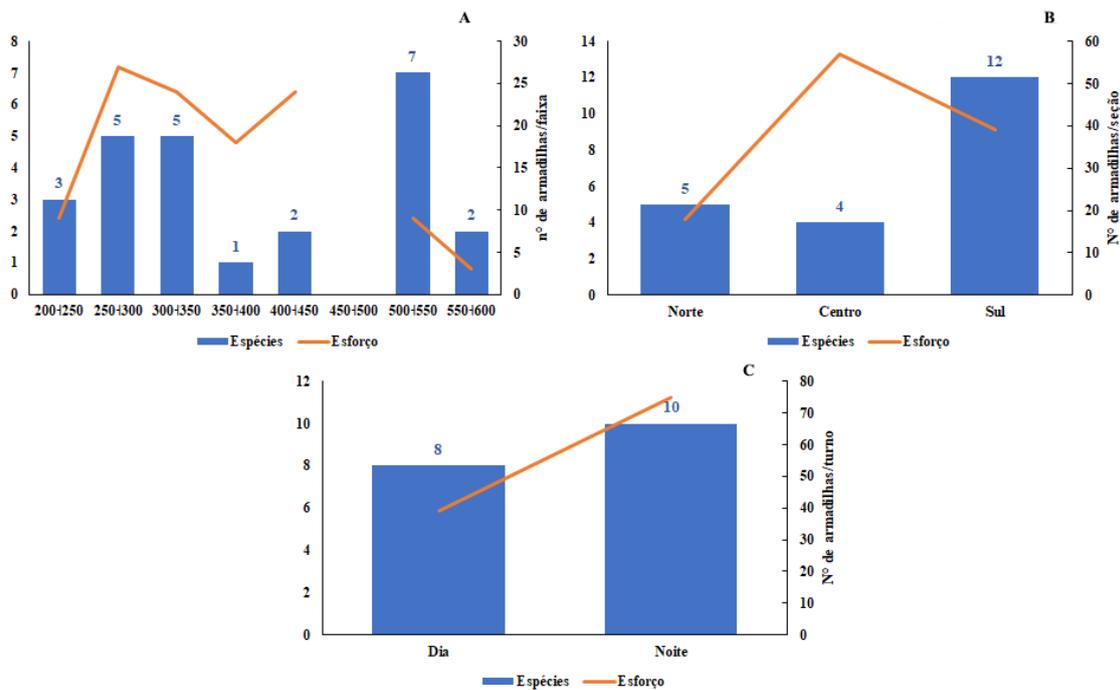


Figura 3. Abundância (A) e riqueza e esforço de pesca no talude superior de Pernambuco: por faixa de profundidade (A); posição latitudinal (B); e turno (C). Linhas representam o esforço de pesca realizado para cada variável.

O índice de diversidade de Shannon (H') por estrato de profundidade variou entre 0,00 e 1,026 bits/ind., o de riqueza de espécies de Margalef (d) entre 0,00 e 1,176, e o de equitabilidade de Pielou (E') entre 0,000 e 0,637. A faixa entre 500-550 m obteve maior índice de riqueza e equitabilidade (Margalef $d= 1,255$), enquanto que a faixa entre 250 e

300 m obteve o maior índice de diversidade e equitabilidade (respectivamente, Shannon-Winer $H'=1,026$ bits/ind. e Pielou $E'= 0,637$). Os resultados sugerem um padrão bem definido de diminuição da diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies nos estratos de profundidade intermediários, entre 350 e 500 m. Observa-se uma queda mais acentuada nos índices do terceiro para o quarto estrato de profundidade, voltando a subir até 500-550 m, zona mais rica. Apesar do número de indivíduos capturados no turno da Noite ter sido expressivamente superior quando comparado as capturas durante o Dia, as estimativas dos índices ecológicos foram maiores no turno diurno, com riqueza $d= 1,828$, equitabilidade $E'= 0,704$ e diversidade $H'= 1,464$ bits/ind. Em relação à seção latitudinal, a região Sul obteve a maior riqueza (Margalef $d= 1,836$) e maior diversidade (Shannon-Winer $H'= 1,182$ bits/inds.), porém com menor equitabilidade entre as seções (Pielou $E'= 0,476$) (Figura 4).

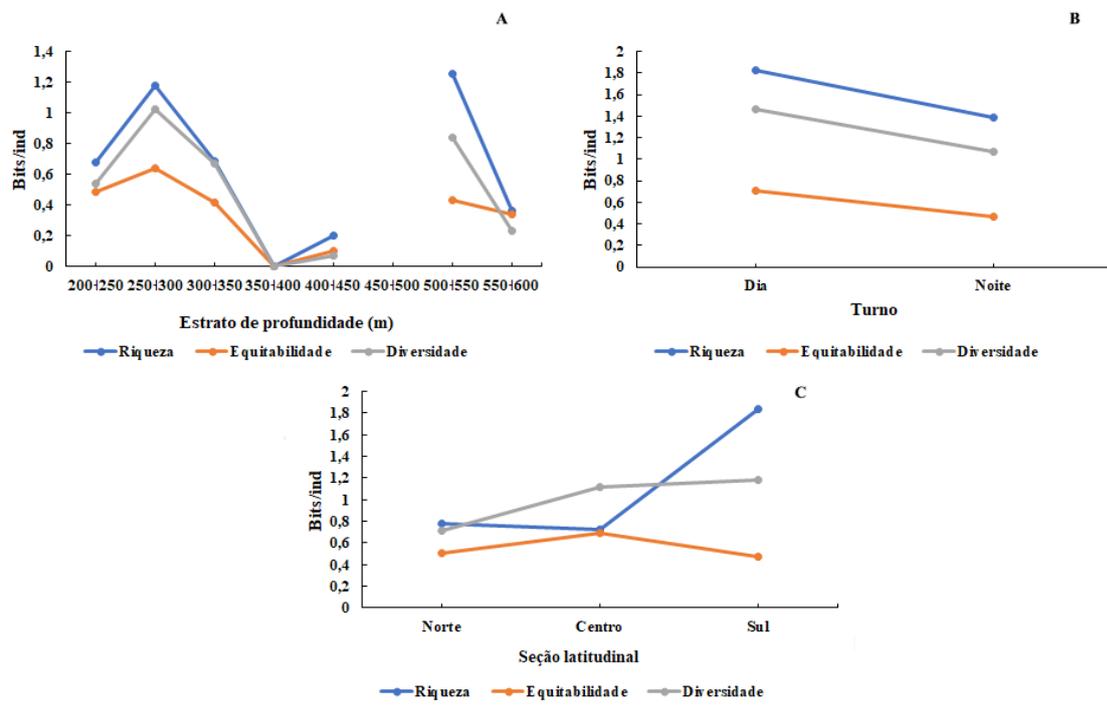


Figura 4. Índices de riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou e diversidade de Shannon-Winer obtidos por estrato de profundidade (A), turno (B) e seção latitudinal (C) dos crustáceos de águas profundas capturados entre outubro de 2014 e março de 2018, no talude superior do Estado de Pernambuco, Brasil.

Figura 5. Distribuição vertical das espécies coletadas (A) e por infraordem (B) dos crustáceos de profundidade na plataforma continental e talude superior do estado de Pernambuco.

A CPUE média total dos 38 lances de pesca foi de 6,05 ind. x L⁻¹ (0,00 a 50,00 ind.x L⁻¹), com os maiores valores tendo sido encontrados nas estações 11 (50,00 ind.x L⁻¹, sendo 44,66 ind.x L⁻¹ *P. edwardsii*); e 19 (39,33 ind. x L⁻¹, sendo 30,33 ind. x L⁻¹ *B. miyarei*), ambas realizadas na seção latitudinal Sul, no turno da Noite. A maior média de CPUE por seção latitudinal foi observada no litoral Sul (10,26 ind. x L⁻¹, contra 2,61 ind. x L⁻¹, no Norte, e 4,26 ind. x L⁻¹, no Centro). Os maiores índices de CPUE por estrato de profundidade, por sua vez, foram encontrados entre 500-550 m (13,22 ind. x L⁻¹), reflexo principalmente das capturas do isópode *B. miyarei* (10,22 ind. x L⁻¹), seguido da faixa entre 300-350 m (8,90 ind. x L⁻¹), em razão da elevada abundância relativa do camarão *P. edwardsii* (11,67 ind. x L⁻¹). Em relação ao turno, o período da noite apresentou um índice de CPUE (8,59 ind. x L⁻¹) bem mais elevado do que o período diurno (CPUE= 1,18 ind. x L⁻¹). Os ermitões *M. paradoxos* e *Parapagurus* sp. foram capturados exclusivamente no turno diurno, enquanto que o camarão *H. ensifer*, o caranguejo *R. crassa* e os isópodes *B. giganteus* e *B. obtusus* exclusivamente no turno noturno. Não houve diferença estatisticamente significativa na CPUE média total por estação (Kruskall-Walis $P= 0,429$), por profundidade (Kruskall-Walis $P= 0,134$) ou por seção latitudinal (Kruskall-Walis $P= 0,933$). A CPUE média noturna, porém, foi significativamente maior do que a diurna (Mann-Whitney $P= 0,009$) (Tabela 3; Figura 6).

1 **Tabela 3.** Valores médios de CPUE (ind. x L⁻¹) total, por turno, seção latitudinal, faixa de profundidade agrupados por subordens e espécies.

2

	Média total	Turno		Seção latitudinal			Faixa de profundidade							
		Dia	Noite	Norte	Centro	Sul	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600
Média total	6,05	1,18	8,59	2,61	4,26	10,26	2,11	2,50	8,90	0,13	5,81	0,00	13,22	5,33
Subordens														
Brachyura	0,45	0,23	0,56	0,39	0,30	0,69	0,33	0,25	0,90	0,13	0,07	0,00	0,56	0,33
Caridea	2,83	0,31	4,15	0,17	1,58	5,90	0,00	1,67	7,26	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00
Anomura	0,22	0,59	0,03	0,00	0,32	0,18	1,78	0,58	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymothoida	2,55	0,05	3,85	2,06	2,07	3,49	0,00	0,00	0,69	0,00	5,74	0,00	10,44	5,00
Espécies														
<i>Bathynomus miyarei</i>	2,54	0,05	3,83	2,03	2,07	3,44	0,00	0,00	1,13	0,00	6,46	0,00	10,22	5,00
<i>Bathynomus giganteus</i>	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
<i>Bathynomus obtusus</i>	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
<i>Plesionika edwardsii</i>	2,69	0,31	3,93	0,17	1,58	5,49	0,00	0,74	11,67	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00
<i>Heterocarpus ensifer</i>	0,03	0,00	0,21	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	1,44	0,00
<i>Stenocionops spinosissimus</i>	0,37	0,09	0,47	0,33	0,28	0,51	0,22	0,11	1,46	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
<i>Rochinia crassa</i>	0,04	0,00	0,05	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00
<i>Rochinia gracilipes</i>	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,03	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
<i>Batyhnectes longispina</i>	0,03	0,03	0,03	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,33
<i>Paguristes inconstans</i>	0,32	0,54	0,03	0,00	0,32	0,13	1,78	0,19	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Mixtopagurus paradoxus</i>	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Parapagurus sp.</i>	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3

4

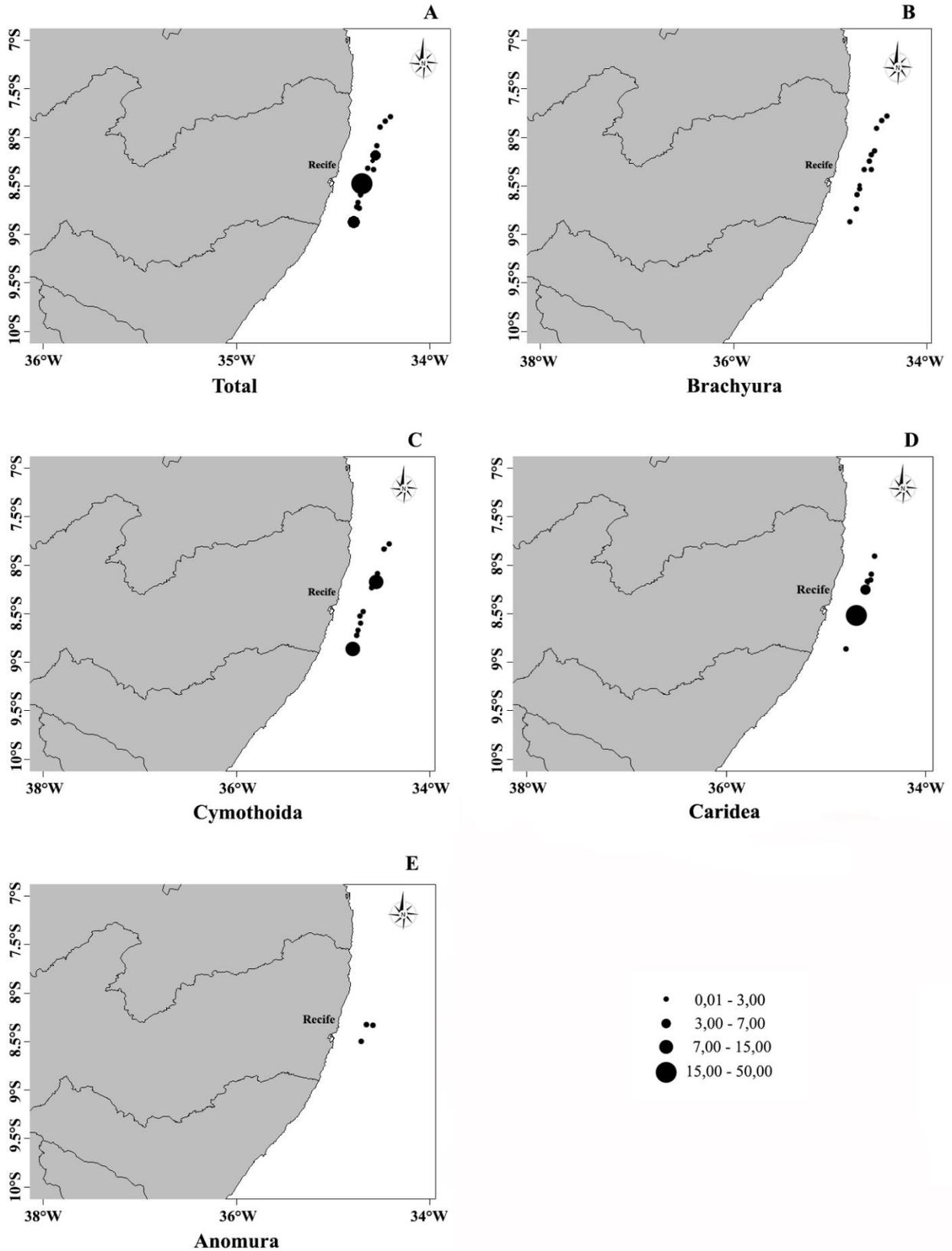


Figura 6. Distribuição da abundância (ind. x L⁻¹) dos crustáceos coletados na plataforma continental externa e talude superior de Pernambuco: (A) Total; (B) Brachyura; (C) Cymothoidea; (D) Caridea; (E) Anomura.

As distribuições de Caridea e Cymothoidea foram significativamente diferentes por faixa de profundidade (respectivamente, Kruskal-Walis $P= 0,008$; Kruskal-Walis $P= 0,005$), enquanto que as de Brachyura e Anomura não divergiram estatisticamente (respectivamente, Kruskal-Walis $P= 0,132$; Kruskal-Walis $P= 419$). Para distribuições de CPUE média por turno, houve diferença significativa para as espécies de Cymothoidea (Mann-Whitney: $P= 0,004$), enquanto que para Brachyura, Caridea e Anomura não foram encontradas diferenças significativas (respectivamente, Mann-Whitney: $P= 0,300$; Mann-Whitney: $P= 0,259$; Mann-Whitney: $P= 0,564$). Nenhuma das diferenças encontradas para a CPUE média por seção latitudinal para Brachyura, Caridea, Cymothoidea ou Anomura foram significantes (respectivamente, Kruskal-Walis $P= 0,659$; Kruskal-Walis $P= 0,473$; Kruskal-Walis $P= 0,482$; e Kruskal-Walis $P= 0,713$) (Figura 7).

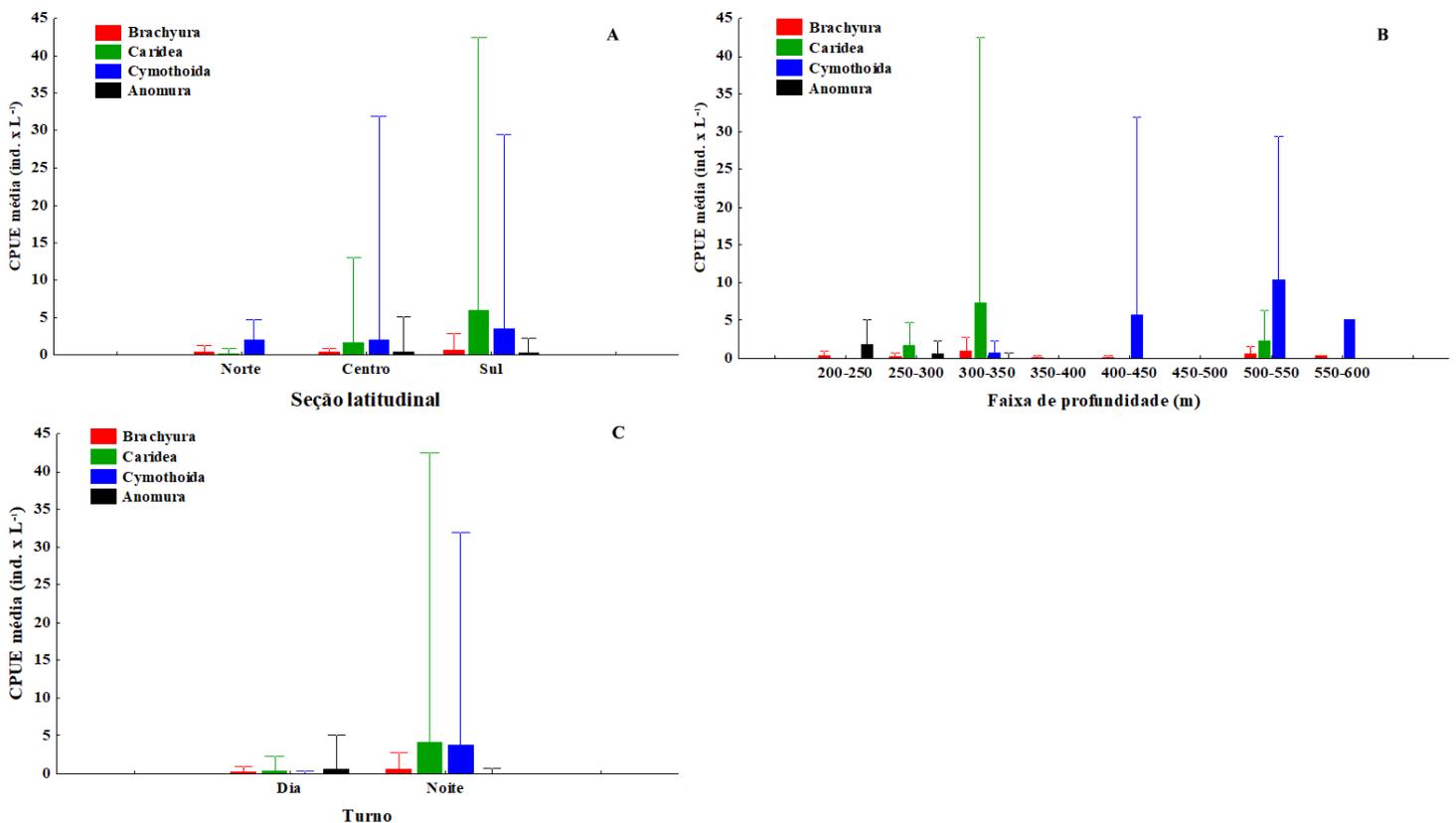


Figura 7. CPUE média das subordens coletadas na plataforma continental externa e talude superior de Pernambuco: por seção latitudinal (A), profundidade (B) e turno (C)

Discussão

Novas tecnologias para pesca profunda têm permitido rápidos e grandes avanços no conhecimento da distribuição de espécies bênticas, incluindo evidentemente os crustáceos. Na costa nordeste do Brasil, pesquisas sobre a macrofauna bentônica de profundidade realizadas pelo programa REVIZEE tiveram um significativo papel no avanço do conhecimento acerca das populações marinhas de profundidade ao longo da costa brasileira. Na costa pernambucana ainda perdura uma lacuna importante de conhecimento sobre as espécies bentônicas coletadas a mais de 200 m, com a maioria dos trabalhos tendo se concentrado exclusivamente em composição e taxonomia. O litoral de Pernambuco é relativamente pequeno, cerca de 2.3% apenas da vasta extensão da costa brasileira, no entanto, em razão do seu posicionamento estratégico, na parte central da costa nordestina, os levantamentos faunísticos realizados na plataforma continental interna do estado até o presente têm assumido grande relevância para a compreensão acerca da estruturação das comunidades marinhas bentônicas na região, servindo de base para o conhecimento e preservação da biodiversidade e do uso sustentável dos recursos naturais. As novas ocorrências para a costa do estado, aqui registradas, representam uma importante contribuição para a compreensão da distribuição dos crustáceos de águas profundas não apenas ao longo do litoral nordestino ou brasileiro, mas, de uma maneira mais ampla, para todo o oceano Atlântico.

As comunidades bentônicas de águas profundas estão entre as mais limitadas em termos de disponibilidade de alimentos (Smith et al., 2008), possuindo, por essa razão, baixa biomassa e produtividade (Rex et al., 2006; Rowe et al., 2008). As plataformas continentais tropicais, em especial a brasileira, são consideradas pouco produtivas, com baixa eficiência na transferência de energia entre os níveis tróficos, águas oligotróficas, gastos maiores de energia com a respiração e menores taxas de perturbações físicas (Lana

et al., 1996). A sua diversidade, porém, está entre as mais altas da Terra (Hessler & Sanders, 1967; Snelgrove & Smith, 2002; Kitahara, 2009), apresentando uma tendência decrescente com a profundidade, além de alta uniformidade (Flach & De Bruin, 1999).

No litoral nordestino, Coelho-Filho (2004), analisando o macrozoobentos da plataforma continental, encontrou valores médios de abundância de 4,60 ind.x L⁻¹, enquanto que Oliveira et al. (2014) comentam que a CPUE média do *P. edwardsii* coletado ao sul de Pernambuco obteve os maiores índices nos estratos entre 100-200 e 200-300 m (com CPUEs, respectivamente, iguais a 8,91 ind.x L⁻¹ e 9,00 ind.x L⁻¹), corroborando com a presente pesquisa, que encontrou uma CPUE total para os crustáceos de águas profundas igual a 6,05 ind.x L⁻¹ e o maior índice na profundidade de 307 m, estação 11, seção Sul. Este padrão na variabilidade espacial dos rendimentos por lance é observado para qualquer análise de combinação de dados associada às variáveis relativas ao estrato de profundidade, seção latitudinal e turno, sugerindo que a distribuição dos crustáceos de águas profundas no litoral pernambucano não é uniforme e pode ocorrer rendimentos pontuais mais altos provavelmente associados a outras variáveis ambientais e/ou biológica (e.g. temperatura da água e ciclo reprodutivo).

Além da disponibilidade de alimentos, a variação da profundidade é um dos fatores que mais influenciam na distribuição do bentos em áreas de talude e plataforma continental (Pires-Vanin, 1993; Sumida, 1994; Soares-Gomes et al., 1999). Uma característica única dos ecossistemas do fundo do mar é a falta de luz fotossintetizante utilizável abaixo de ~200 m (Thistle, 2003). Na ausência da fotossíntese, a maior parte do mar profundo é heterotrófica, i.e. a sua energia depende dos alimentos que afundam a partir da zona eufótica. Segundo Wilson & Hessler (1987) a diversidade de isópodes é notavelmente alta em ambientes oligotróficos,

A distribuição da diversidade dos crustáceos de águas profundas pode estar relacionada também à temperatura, com espécies subindo ou descendo, em profundidade, seguindo suas isotermas preferidas (Bochi, 2000) e relações bióticas de competição e predação (Alves et al., 2012). Os resultados obtidos na presente pesquisa refletem a mesma sequência observada nas margens continentais (Coelho et al. 2006) e indicam notável fidelidade de profundidade de espécies, apesar de pequenas excursões verticais. Para o talude superior de Pernambuco também foi observado esta fidelidade de profundidade, onde seis novas ocorrências foram registradas, com grande parte das capturas tendo se concentrado nos estratos mais profundos.

Muito esforço de pesquisa ainda é necessário para se compreender a riqueza e a distribuição de espécies bentônicas, incluindo a macro e meiofauna de profundidade, não apenas em ecossistemas locais, como no caso da costa pernambucana, mas em toda a planície profunda que constitui o maior ecossistema da Terra. A gestão da pesca e a conservação dos ecossistemas de águas profundas, porém, são, além de complexas, dificultada pela falta de conhecimento decorrente do elevado custo de prospecção devido à distância desses habitats e complexidade logística para se realizar a pesca nessas profundidades. Espera-se, assim, que o presente trabalho contribua para estimular pesquisas futuras sobre essa região, de tanta importância para o ecossistema marinho.

Referências

- Alves, D.F.R.; Barros-Alves, S.P.; Teixeira, G.N. & Cobo, V.J. 2012. Mithracinae (Decapoda: Brachyura) from the Brazilian coast: Review of the geographical distribution and comments on the biogeography of the group. **Nauplius**. 20(1): 51 – 62.
- Barreto, A.V.; Coelho, P.A.; Ramos-Porto, M.; Torres, M.F.A. 1991. Distribuição batimétrica dos Brachyura (Crustacea, Decapoda) na plataforma continental Norte-Nordeste do Brasil. **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE**. 22:291-303.
- Barreto, A.V. 1991. Distribuição dos Brachyura (Crustacea Decapoda) na plataforma continental Norte e Nordeste do Brasil. **Dissertação de mestrado** – UFPE. 125p.

- Boschi, E.E. 2000. Biodiversity of marine decapod brachyurans of Americas. **J. Crustacean Biol.** 20 (2): 337-342.
- Coelho, P.A., Ramos-Porto, M. & Melo, G.A.S. 1990. Crustáceos decápodos do Estado de Alagoas. *An. Soc. Nordest. Zool.* 3:21-34.
- Coelho, P.A.; Almeida, A.O. & Bezerra, L.E.A. 2008. Checklist of the marine and estuarine Brachyura (Crustacea: Decapoda) of northern and northeastern Brazil. **Zootaxa.** 1956: 1 – 58.
- Coelho-Filho, P.A. 2004. Análise do macrobentos na plataforma continental externa e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil no âmbito do programa REVIZEE. Dep. de Oceanografia UFPE.
- Coelho-Filho, P.A. & Freitas, T.C.A. 2004. Macrozoobentos da plataforma continental externa e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil, recolhidos durante a primavera de 2000 pelo programa REVIZEE (Comissão NE IV). *Tropical Oceanography, Recife*, v.32, n.2:201-218.
- Coelho-Filho, P.A. 2006. Checklist of the Decapods (Crustacea) from the outer continental shelf and seamounts from Northeast of Brazil – REVIZEE Program (NEIII). *Zootaxa* 1184:1-27.
- Fausto Filho, J. 1966. Primeira contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. *Arq. Esta. Biol. Mar. UFC.* 6(1): 31-37.
- Fausto Filho, J. 1967. Segunda contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. *Arq. Esta. Biol. Mar. UFC.* 7(1): 11-14.
- Fausto Filho, J. 1968. Terceira contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. *Arq. Esta. Biol. Mar. UFC.* 8(1): 43-45.
- Fausto Filho, J. 1970. Quarta contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. *Arq. Esta. Biol. Mar. UFC.* 10(1): 55-60.
- Fausto Filho, J. 1975. Quinta contribuição ao inventário de crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. *Arq. Esta. Biol. Mar. UFC.* 14(1): 1-35.
- Flach, E. & de Bruin, W. 1999. Diversity patterns in macrobenthos across a continental slope in the NE Atlantic. **J. Sea Res.** 42: 303 – 323.
- Hessler, R.R. & Sanders, M.L. 1967. Faunal diversity in the deep-sea. **Deep-Sea Res.** 14: 65 – 78.
- Kitahara, M.V. 2009. A pesca demersal de profundidade e os bancos de corais azooxantelados do sul do Brasil. **Biota Neotrop.** 9(2): 35-44.
- Koening, M.L. 1972. Nota sobre a ocorrência de alguns isópodos no Norte e Nordeste do Brasil. **Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. PE.** 13:237-244.
- Lana, P.C.; Camargo, M.G.; Brogim, R.A. & Isaac, V.J. 1996. Bentos da costa brasileira: Avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1856-1996). Rio de Janeiro, Femar. 432 pp.
- Martin, J.W. & Davis, G.E., 2001. An updated classification of the recent Crustacea. *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County.* 39:1.

- Melo, G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo: Plêiade/FAPESP. 604p.
- Melo, G.A.S. 1999. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: *Anomura, Thalassinidea, Palinuridea e Astacidae*. Plêiade/FAPESP, São Paulo, 551p.
- Melo, G.A.S. & Veloso, V.G. 2005. The Brachyura (Crustacea, Decapoda) of the coast of the State of Paraíba Brazil, collected by Project Algas. *Rev. Bras. Zool.* 22(3):796-805.
- Oliveira, V.S., Ramos-Porto, M., Santos, M.C.F., Hazin, F.H.V., Cabral, E. & Acirole, F.D. 2011. Distribuição batimétrica e características populacionais do camarão *Heterocarpus ensifer* (Caridae: Pandalidae) capturado na plataforma externa e talude continental da costa Nordeste do Brasil. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, 37(4):375-382.
- Oliveira, V.S., Ramos-Porto, M., Santos, M.C.F., Hazin, F.H.V., Cabral, E. & Acirole, F.D. 2014. Características biométricas, distribuição e abundância relativa do camarão *Plesionika edwardsii* na costa Nordeste do Brasil. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, 40(2):215-222.
- Paiva, R. 2012. Família Cirolanidae Dana, 1852 (Crustacea, Isopoda) do Norte e Nordeste do Brasil. **Dissertação de mestrado**. UFPE.
- Perez, J.A.A.; Pezzuto, P.R.; Wahrlich, R.; Soares, A.L. S. 2009. Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 37 (3): 513-541.
- Pires-Vanin, A.M.S. 1993. A macrofauna bêntica da plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil. **Publi. Esp. Inst. Ocenogr.** 10: 137 – 158.
- Ramirez-Llodra, E.; Brandt, A.; Danovaro, R.; De Mol, B.; Escobar, E.; German, C.R.; Levin, L.A.; Martinez Arbizu, P.; Menot, L.; Buhl-Mortensen, P.; Narayanaswamy, B.E.; Smith, C.R.; Tittensor, D.P.; Tyler, P.A.; Vanreusel, A. & Vecchione, M. 2010. Deep, diverse and definitely different: unique attributes of the world's largest ecosystem. **Biogeosciences.** 7: 2851-2899.
- Ramos-Porto, M., Silva, K.C.A., Viana, G.F.S. & Cintra, I.H.A. 2000. Camarões de profundidade coletados no Norte e Nordeste do Brasil (Crustacea: Penaeidea e Caridea). *Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE, Recife*, 28(1):71-85.
- Ramos-Porto, M. 2001. Sistemática e ecologia dos camarões marinhos do Estado de Pernambuco, Brasil (Crustacea Decapoda: Dendrobranchiata e Pleocyemata). Tese de Doutorado. Dep. De Oceanogr. UFPE. 2001.
- Ramos-Porto, M.; Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Viana, G.F.S.; Cabral, E. & Acioli, F.D. 2002. Ocorrência do gênero *Acanthocarpus* Stimpson, 1871 (Crustacea: Decapoda: Brachyura) em águas do Nordeste brasileiro. **Bol. Técn. Cient. CEPENE.** 10(1):97-106.
- Rego, A.B.B. & Cardoso, I.A. 2010. Taxonomy and distribution of shrimps genus *Heterocarpus* A. Milne-Edwards, 1881 collected on the Brazilian slope by the Program REVIZEE – central score. **Nauplius.** 18(2): 117 – 128.
- Rex, M.A.; Etter, R.J.; Morris, J.S.; Crouse, J.; McClain, C.R.; Johnson, N.A.; Stuart, C.T.; Deming, J.W.; Thies, R.; & Avery, R. 2006. Global bathymetric patterns of stock and body size in the deep-sea benthos. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 317: 1 – 8.

- Rowe, G.T.; Wei, C.; Nunnally, C.; Haedrich, R.; Montagna, P.; Baguley, J.G.; Bernhard, J.M.; Wicksten, M.; Ammons, A.; Briones, E.E.; Soliman, Y.; & Deming, J.W. 2008. Comparative biomass structure and stimated carbon flow in food webs in the deep Gulf of Mexico. **Deep-Sea Res. Pt. II.** 55: 2699 – 2711.
- Smith, C.R.; De Leo, F.C.; Bernardino, A.F.; Sweetman, A.K.; & Martinez-Arbizu, P. 2008. Abyssal food limitation, ecosystem structure and climate change. **Trends Ecol. Evol.** 23: 518 – 528.
- Snelgrove, P.V.R. & Smith, C.R. 2002. A riot of species in an environmental calm; The paradox of the species-rich deep-sea. **Mar. Bio.** 40: 311-342.
- Soares-Gomes, A.; Abreu, C.R.M.; Absher, T.M. & Figueredo, A.G. 1999. Abiotic features and the abundance of macro-zoobenthos of continental margin sediments of east Brazil. **Arch. Fih. Mar. Res.** 47(2/3): 321 – 334.
- Sumida, P.Y. 1994. Associações bênticas da quebra da plataforma e talude superior ao largo de Ubatuba – SP, Brasil. Dissertação, USP, 102 pp.
- Tavares, M. 1991. The cruise of the “Marion Dufresne” off the Brazilian coast: account os the scientific results and list of stations. **Zoosystema.** 21: 597 – 605.
- Thistle, D. 2003. The deep-sea floor: an overview, in: Ecosystems of the World, Vol. 28, Ecosystems of the deep oceans, edited by: Tyler, P.A. **Elsevier.** 5 – 39.
- Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Viana, G.F.S.; Ramos-Porto, M.; Acioli, F.D. & Cabral, E. 2002. Registro de *Myropsis quinquespinosa* Stimpson, 1871 (Crustacea, Decapoda, Leucosiidae) no Nordeste brasileiro. **Bol. Técn. Cient. CEPENE.** 10(1):107-114.
- Viana, G.F.S.; Ramos-Porto, M., Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Cabral, E. & Acioli, F.D. 2002. Espécies de *Rochinia* A. Milne-Edwards, 1875 (Decapoda: Brachyura: Majidae) coletadas em águas do Nordeste Brasileiro. **Bol. Técn. Cient. CEPENE.** 10(1):85-96.
- Viana, G.F.S.; Ramos-Porto, M., Torres, M.F.A.; Santos, M.C.F.; Cabral, E. & Acioli, F.D. 2003. Caranguejos coletados no Norte e Nordeste do Brasil durante o programa REVIZEE (Crustacea, Decapoda, Brachyura) **Bol. Técn. Cient. CEPENE.** 11(1):117-144.
- Viana, G.F.S., Ramos-Porto, M., Torres, M.F.A., Santos, M.C.F., Cabral, E. & Acioli, F.D. 2002. Espécies de *Rochinia* A. Milne Edwards, 1875 (Decapoda: Brachyura: Majidae) coletadas em águas do Nordeste brasileiro. **Bol. Técn. Cient. CEPENE,** v.10, n.1.
- Wilson, G. & Hessler, R. The effects of manganese nodule test mining on the benthic fauna in the North Equatorial Pacific. **Final Report of NOAA.** 24 – 86.

Capítulo 2

New records of isopods (Crustacea: Cirolanidae) from Northeastern Brazil, Equatorial Western Atlantic

Abstract

Cirolanid isopods are well distributed around the oceans, but data on them are still scanty. Here we provide new information on the distribution of three species of deep-sea giant isopods from Northeastern Brazil. Specimens were caught between 300 and 508 m by bottom baited traps in the upper slope of continental shelf from Pernambuco State. *Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* and *B. obtusus* were reported for the first time from this area, confirming the disjunct distribution range from Brazilian waters and the northernmost record of *B. obtusus*.

Key-words: Atlantic Ocean, distribution, Pernambuco, taxonomy, upper slope

Introduction

Isopods from the Cirolanidae family are scavengers that occur both in temperate and tropical waters, throughout a great depth range, in all seas (Brusca et al., 1991; Soto & Mincarone, 2001; Magalhães & Young, 2003; Nayak et al 2007). Some species are also found in caves and continental waters (Wilson, 2008). These species are mainly opportunistic carnivores feeding on animal carcasses (Bruce, 1986; Keable, 1998), playing an important role as a component of marine deep-sea diversity.

One of the most fascinating Isopoda genres is *Bathynomus* (A. Milne Edwards, 1879), which includes large, dorso-ventrally flattened, species, with restricted distribution, mainly inhabiting deep sea, from 200 to 2,100 m depth (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 1991, Magalhães & Young, 2003; Lowry & Dempsey, 2006). This genus contains 20 described species, distributed in Indo-West Pacific and western Atlantic Ocean, divided in two groups: giants, which mature at around 150 mm length; and super-giants, which mature above 150 mm and can grow up to 500 mm in length (Lowry & Dempsey, 2006).

The first record of the giant deep-sea isopod *Bathynomus giganteus* (A. Milne Edwards, 1879) in Brazilian waters was made by Holthuis & Mikulka (1972), from the shelf off the Amazon River, Pará state. Later, this species was found in Amapá, Ceará and Espírito Santo (Lemos de Castro, 1978; Cintra et al., 1998; Magalhães & Serejo, 2000). It also occurs in the Caribbean, Florida, Gulf of Mexico, Northwest Indian Ocean and in the Western Pacific (Houlthuis & Mikulka, 1972; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 1991;

Shih, 1972; Soong, 1992). *B. miyarei*, in turn, was described by Lemos de Castro (1978), with a distribution from Amapá to Rio Grande do Sul, and records from Amapá, Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, and Rio Grande do Sul, in depths ranging from 80 to 800 m (Lemos de Castro, 1978; Cintra et al., 1998; Soto & Mincarone, 2001). Until now, this species is considered endemic for Brazilian coast. More recently, Magalhães & Young (2003) studied a large collection of isopod specimens collected by the REVIZEE Program and, besides re-describing these two species already recorded for Brazil, also found a new species, *B. obtusus*, occurring from Bahia to Espírito Santo, another endemic species from Brazil.

The majority of the work on Bathinomid genre in the Brazilian coast was done from the 1970s to the early 1980s. These studies, however, included a small number of species and few details about the specimens examined, often without any illustration or indication on where the material was deposited for future comparisons. Since 2014, scientific cruises using bottom baited traps have been carried out on the deep-sea floor of Pernambuco state, Northeastern Brazil, to fill gaps in knowledge about crustaceans that inhabit that area. One of the most abundant species caught was isopods from Cirolanidae family, including *Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* and *B. obtusus*. In this paper we contribute to the knowledge on the distribution of these isopods in the Brazilian coast and describe taxonomic features relevant to the understanding of their biogeography.

Material and methods

Thirty-eight deep-sea exploratory fishing sets with bottom baited traps were carried out in the upper slope margin of continental shelf off Pernambuco state, northeast Brazil, between 07°50'S/ 34°27'W and 08°52'S/ 34°47'W, from October 2014 to March 2018. Three different types of bottom baited traps were used as fishing gear: big rectangular, 2.0x0.9 m, with 30 cm opening; medium rectangular, 2.0x0.6 m, and 20 cm opening; and circular, with 60 cm diameter and 30 cm opening. The traps were covered by a 25 mm plastic mesh and were baited with 500 g of *Scomber japonicus*. All traps were set at depths ranging from 300 to 508 m. The giant deep-sea isopods from the genus *Bathynomus* were some of the most abundant components of the catch. Collected species were photographed, labeled and stored in ice, on board, until transportation to the Fisheries Oceanography Laboratory- LOP, of the Fisheries and Aquaculture Department, of UFRPE, where they were analyzed.

Specimens were initially studied using a stereomicroscope. For *B. obtusus*, slides were prepared for optical microscope observation of mouthparts, clypeal and uropodal details. Drawings of diagnostic characters were then made with light chamber coupled to the microscope and/or stereomicroscope. Drawings were then vectorized using Corel Draw X7 program, where figures were also mounted. Some specimens were also selected to be photographed with coupled digital camera. For each species, information of synonymy, material examined, diagnosis, description, remarks, geographic and bathymetric distribution are provided. Adopted terminology for bristles and spines follows Watling (1989), and for appendices follows Keable (2006). Identifications were made following the descriptions made by Lemos de Castro (1978), Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez (1991) and Magalhães & Young (2003). Specimens were deposited in the Museu de Oceanografia Petrônio Alves Coelho (MOUFPE) and crustacean didactic collection of the Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Results

Systematics

Order Isopoda Latreille, 1817

Infraorder Cymothoida Wägele, 1989

Family Cirolanidae Dana, 1852

Genus *Bathynomus* A. Milne Edwards, 1879

Bathynomus A. Milne Edwards, 1879: 21; Hansen, 1890: 252; A. Milne Edwards & Bouvier, 1902; Richardson, 1905: 130; Nierstrasz, 1931: 162; Gurjanova, 1936: 63; Lemos de Castro, 1978: 42; Hessler, 1969: R 374; Holthuis & Mikulka, 1972: 575; Bruce, 1986: 126; Soto & Mincarone, 2001: 141; Magalhães & Young, 2003: 222; Lowry & Dempsey, 2006: 163.

Diagnosis: Pleonites 3-4 with posterolateral margins projected to posterior portion of pleon. Pleotelson with spines along distal margin. Antenna 1 with short exopod on distal margin of peduncle article 3. Peduncle of antenna 2 with articles 3-4 subequal in length, article 5 longer. Frontal lamina triangular. Anteromedial portion of clypeus projected. Endite of maxilliped with 4-7 teeth. Ischium and merus of pereopods 1-3 with projected dorsal margin. Pleopods with all branches provided with bristles, and all endopods with branchiae. Appendix masculina situated medially between peduncles of pleopods 2.

Remarks: Genus *Bathynomus* was created by A. Milne Edwards to accommodate an isopod specimen of more than 220 mm collected in December 1878 in Gulf of Mexico west of Dry Tortugas. Species of this genus include the largest known forms of isopods, inhabiting mainly deep sea (200 to 2100 m depth). Recently, Lowry & Dempsey (2006) subdivided this genre into two groups: (a) giants who become sexually mature about 150 mm, represented by 9 species, and (b) the supergiants that mature around 500 mm length, comprising 9 species. Among Cirolanidae genera, family *Bathynomus* is similar to *Parabathynomus* (Barnard, 1924), which is monospecific and known only to South Africa. *Parabathynomus*, however, differs from *Bathynomus* by following characters combination: frontal lamina narrow and pentagonal, exopod and peduncle pleopods with gills, a basally inserted appendix masculine and no pleotelsonic spines (Kensgley, 1978). In addition, the only known species of *Parabathynomus* could measure up to 81 mm in length, while recorded length for *Bathynomus* species is between 150 and 500 mm (Lowry & Dempsey, 2006).

***Bathynomus giganteus* A. Milne Edwards, 1879**

(Figures 1-2)

Bathynomus giganteus A. Milne Edwards, 1879: 21; - A. Milne Edwards & Bouvier, 1902: 141, pr. 1-2, fig. 1; pr.3, figs. 1-2; pr.4, figs. 1-11; pl.5, figs. 1-13; pl.6, figs. 1-8; pl.7, figs. 1-7; pl.8, figs. 1-7; Richardson, 1905: 130, figs. 112-118; Houlthuis & Mikulka, 1972: 576, fig. 1; Lemos de Castro, 1978: 42, figs. 20-23; Cintra *et al.*, 1998: 104; Pires-Vanin, 1998: 608; Magalhães & Young, 2003: 222, figs. 1-5; Lowry & Dempsey, 2006: 191, fig. 23.

Material examined: 1 female, Revizee North #13, 3°50'N, 48°51'W, Amapá, 15/11/1996, 356 m, drag, N. Oc. Antares col., MOUFPE 13406. 1 female, Revizee North, #11, 4°44'N, 47°40'W, Amapá, 07/12/1996, 621 m, drag, N. Oc. Antares col., MOUFPE 13177. 1 female (photographed specimen, Fig. 1), Demersal PE, 08°30'N, 034°41'W, Recife, 29/07/2016, 500 m, medium trap, Npq. Sinuelo, MOUFPE 17287.

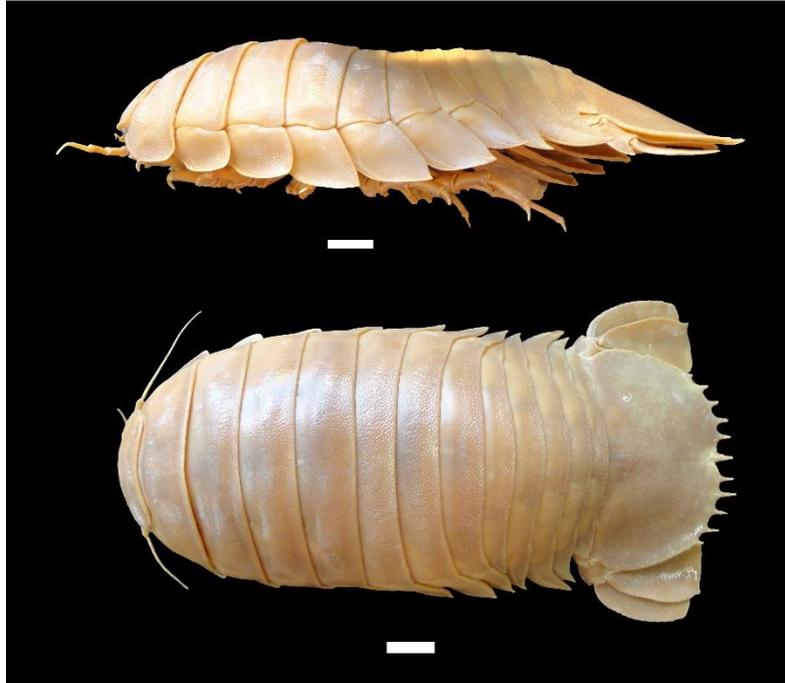


Figure 1. *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879; Female, 25.2 cm BL, Pernambuco (08°30'N, 034°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17287. White scale = 2 cm.

Diagnoses: Pleopods 1-5 with branchiae on endopods peduncle. Posterior margin of pleotelson dentate with 11-13 teeth. Posterior margin of coxal plate 7 convex. Frontal lamina deltaic with broad base narrowing distally. For more details see Magalhães & Young, 2003

Description: *Body* about 2.5 times longer than wide, without ornamentation. *Head* intraocular and submarginal groove absent. *Pereonit 1* without groove or ventral carena. *Pleonit 1* visible. *Pleonit 2-4* posterolateral margin subacute. *Pleonit 5* posterolateral margin subacute, without ornamentation. *Antenna 1* not reaching pereonite 1; peduncle article 1 bigger than article 2; *Antenna 2* reaching pereonite 2. *Frontal lamina* deltaic with broad base narrowing distally. *Lacinia mobilis* present; *Pereopod 4-7* robust, similar in shape and gradually increasing in length. Pleopods with gills. Papilla peniana absent. *Uropod* endopod foliaceous, with truncated distal margin. *Uropod 1,5* times larger than exopod, with notch in “V” shape on external margin; exopod foliaceous, with rounded distal margin. *Pleotelson* sub-trapezoid, larger than longer, with longitudinal medial carena, truncated apex with 13 teeth.

Remarks: The supergiant *Bathynomus giganteus* was recorded with a little description and without figures (A. Milne Edwrads, 1978 *apud* Houlthuis & Mikulka, 1972). The discovery of this giant isopod from oceans depth soon aroused great interest, being

mentioned in a large number of informal books and magazines. Great descriptions of this specie were only written in the middle XX century and from this time until the work of Houlthuis & Mikulka (1972), works were done only with records of new occurrences of *B. giganteus*. It was the first species of the genus to be described. According Lemos de Castro (1978) is the most common and larger among their congeners, there were specimens records of approximately 500 mm in length. Lowry & Dempsey (2006) restricted its distribution to Western Atlantic Ocean (Southeast EUA to South Brazil), since records of this species for the Indian Ocean reassessed and together with other specimens collected in the research of these authors, two new species were described (*B. kensleyi* Lowry & Dempsey, 2006, and *B. keablei* Lowry & Dempsey, 2006). On the Brazilian coast this species was recorded between 230 and 850 m depth (Lemos de Castro, 1978; Magalhães & Young, 2003).

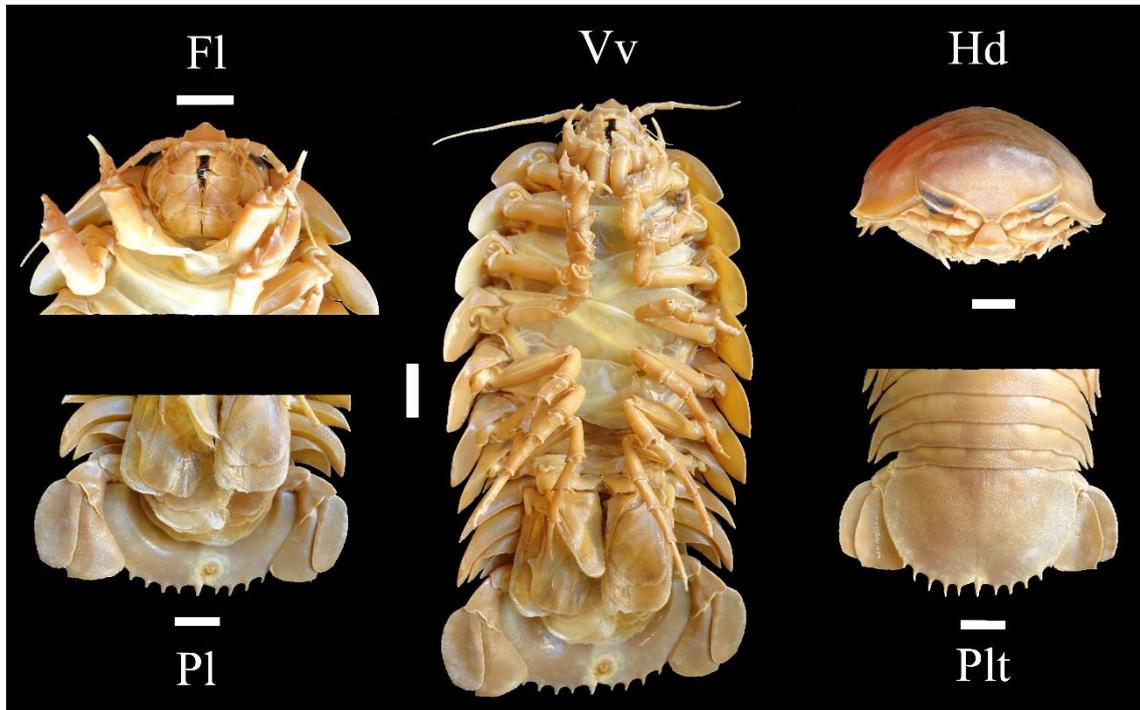


Figure 2. *Bathynomus giganteus* (A. Milne-Edwards, 1879); Female, 25.2 cm BL, Pernambuco (08°30'N, 034°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17287. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view with oostegites; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White Escale = 2 cm

Distribution: Western Atlantic: Southeast United States, Georgia; Florida, Gulf of Mexico, Caribe, French Guiana (A. Milne-Edwards, 1879; A. Milne-Edwards & Bouvier, 1902; Richardson, 1905; Houlthuis & Mikulka, 1972; and Brazil (Pará, Amapá, Pernambuco, Ceará, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande

do Sul) (Lemos de Castro, 1978; Cintra *et al.*, 1998:104; Pires-Vanin, 1998: 608; Magalhães & Young, 2003; Lowry & Dempsey, 2006).

Bathymetric distribution: 200 – 1800 m depth.

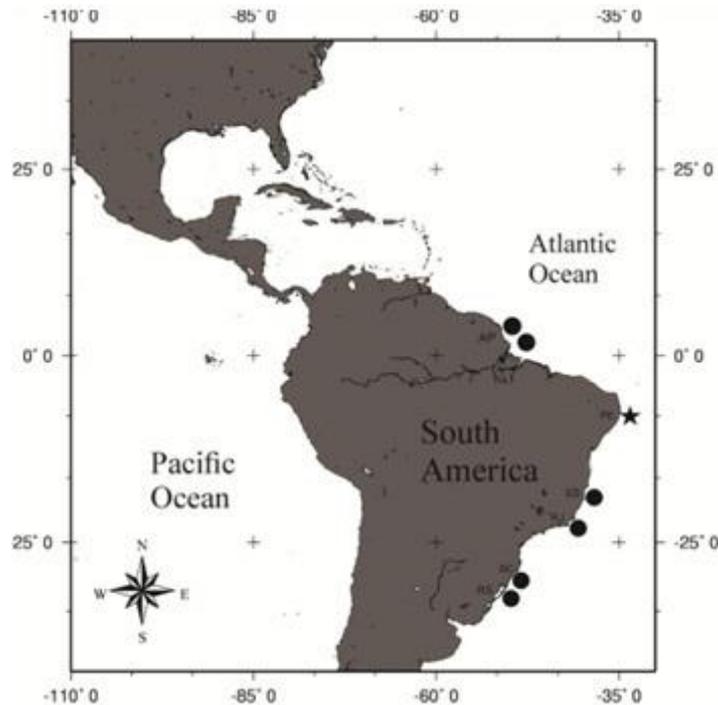


Figure 03. Distribution of *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879, along Brazilian coast. Black dots represent past records, while the star indicates the new record of Pernambuco, Northeast Brazil.

Bathynomus miyarei Lemos de Castro, 1978

(Figures 4-5)

Bathynomus miyarei Lemos de Castro, 1978: 37, figs. 1-23; Cintra *et al.*, 1998: 104; Pires-Vanin, 1998: 608; Soto & Mincarone, 2001: 141; Magalhães & Young, 2003: 229, figs. 6-10.

Material examined: Recife, Pernambuco, 2 females (1 photographed specimen, Fig. 4), 8°11'S, 34°33'W, 16/04/2015, 405 m, circular trap, NPq. Sinuelo, MOUFPE 15525. 3 females, Recife, Pernambuco, 8°30'S; 34°41'W, 10/06/2015, 307 m, circular trap, NPq. Sinuelo, MOUFPE 15526. 2 females, Recife, Pernambuco, 8°30'S; 34°41'W, 10/06/2015, 307 m, circular trap, NPq. Sinuelo, MOUFPE 15527. 1 female, Revizee North, #16, 4°07'N; 49°21'W, 06/10/1996, 312 m, drag, N. Oc. Antares col., MOUFPE

13178. 1 female, Natal, Rio Grande do Norte, 1982, collected by lobster trap, 80 m, MOUFPE 1978.

Diagnosis: *Pereonite 1* without groove or ventral carina, smooth. *Pereonites 4-7* posterior margin flat. *Pereopod 7* similar to *pereopod 6* in shape and ornamentation; with robust setae. *Pleonite 1* visible. *Pleonites 2-5* posterolateral margin subacute. *Pleonite 5* without ornamentation. *Pleotelson* as about broad as long; longitudinal carina on dorsal surface; distal margin dentate with 9 spines.

Description: *Body* about 2.5 times longer than wide without ornamentation. *Head* intraocular and submarginal groove absent, dorsal groove incomplete. *Antenna 1* not extending to within *pereonite 1*; peduncle articles 1-2 not fused, peduncle article 1 bigger than article 2; flagellum longer than peduncle. *Antenna 2* reaching *pereonite 3*. *Frontal lamina* 1,2 x wider than long, deltaic with broad base narrowing distally, with three subacute teeth at distal margin. *Lacinia mobilis* present. *Appendix masculina* absent. *Pereopod 4-7* robust, similar and gradually elongated. *Uropod* peduncle medial margin with distal plumose setae; inner distal angle strongly projected reaching 1/3 of endopod length; endopod foliaceous, with truncated distal margin, exopod 4/5 of endopod length; endopod 1,5 x wider than exopod with marginal robust setae; exopod foliaceous, with distolateral corner rounded. *Pleotelson* as about wider as long; with longitudinal medial carina; outer margin truncated; distal margin with 9 spines.

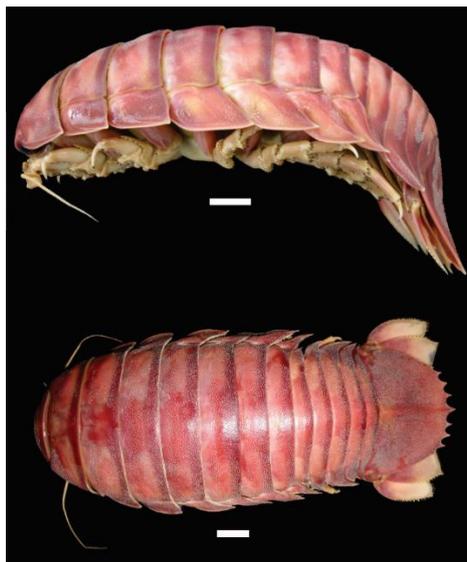


Figure 4. *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978; Female, 22.5 cm BL, Pernambuco (8° 11' S, 34° 33' W, 16/04/2015, 405 m). MOUFPE 15525. White scale = 2 cm

Remarks: *Bathynomus miyarei* is characterized by reduced number of spines on posterior margin of pleotelson, with 9 spines. *B. giganteus* have 13 spines, while *B. obtusus* have 7 great spines on medial region, followed by 2 little lateral spines. This specie was described by Lemos de Castro (1978) with disjunct distribution off Brazilian coast (Ceará, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul). Cintra et al., (1998) extended its distribution from off Amapá e Pará, North Brazil, and Soto & Mincarone (2001) recorded from Santa Catarina, South Brazil, indicating that this specie occurring from off whole Brazilian coast, and their specific records should be, in fact, by the scarcity of collections in the Brazilian deep-sea. These new samples confirmed its distribution to Pernambuco waters.

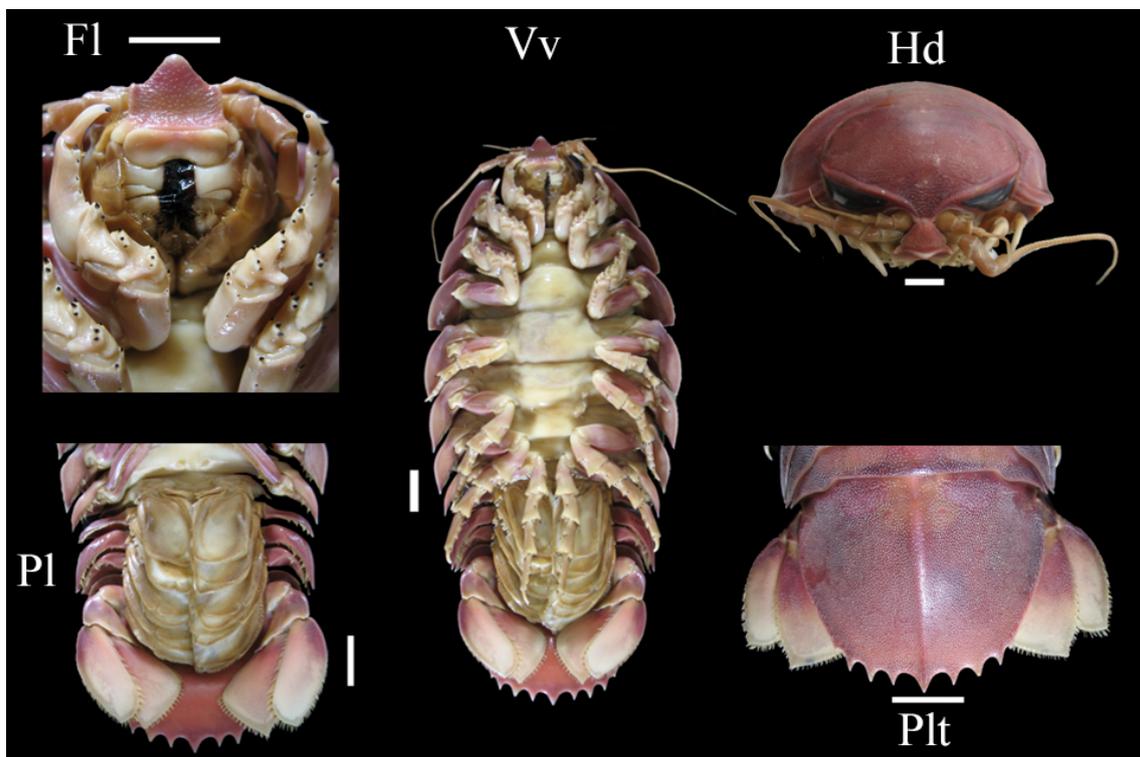


Figure 5. *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978; Female 22.5 cm BL, Pernambuco (8° 11' S, 34° 33' W, 16/04/2015, 405 m). MOUFPE 15525. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White scale = 2 cm

Distribution: Western Atlantic: Brazil (Amapá, Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).

Bathymetric distribution: between 80 - 800 m depth.

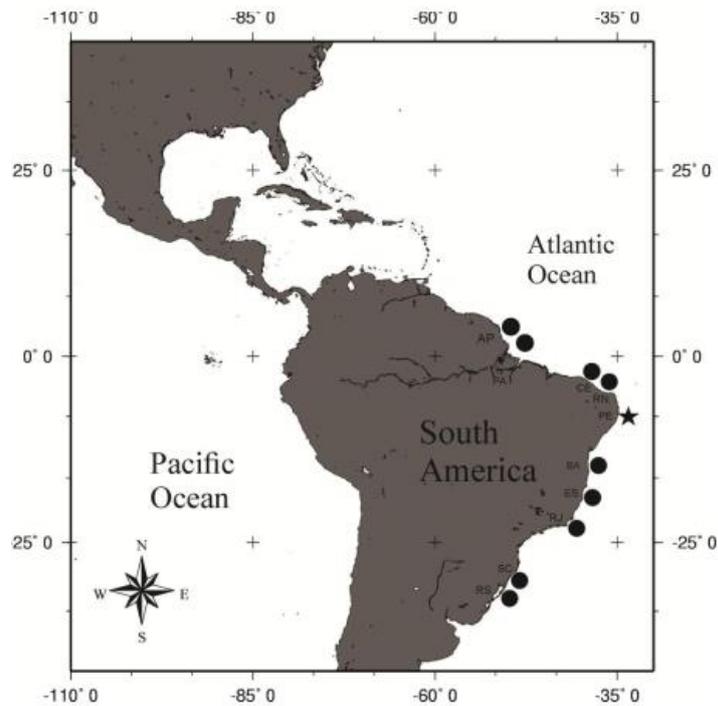


Figure 6. Distribution of *Bathynomus miyarei* Lemos de Castro, 1978, along Brazilian coast. Black dots represent past records, while the star indicates the new record of Pernambuco, Northeast Brazil.

***Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003**

(Figures 7-9)

Bathynomus obtusus Magalhães & Young, 2003; 221-239, figs. 11-14.

Material examined: 1 female (photographed specimen), 8°30'S, 34°41'W, 29/07/2016, 500 m, medium trap, NPq. Sinuelo, MOUFPE 17288

Diagnosis: Posterior margin of coxal plates 4-7 with setae, posterior margin strait. Posterior margin of pleotelson with 7 great spines on medial region, followed by 2 little lateral spines.

Description: *Body* about 3 times longer than wide; specimen with 9.9 cm of body length. *Head* fused at posterior margin with first segment of pereon, with ridge projected above eyes. Clypeus area narrowly rounded on apical margin, with lateral margins straight. *Antena 2* with flagellum reaching pereonite 2. *Lacinia mobilis* present. *Uropod* slightly elongate beyond pleotelson. Exopod and endopod with minutely scalloped lateral and distal margins. Endopod triangular; lateral margin slightly sinuate, with 3 robust setae;

medial margin straight; distomedial corner rounded; distal margin straight with 6 robust setae. Exopod rectangular with lateral margin convex proximally, sinuate distally; distomedial corner broadly rounded; distal margin straight, with 7 robust setae; distolateral corner not produced, not bifid. *Pleotelson* broader than long; smooth (minutes pores), with 7 great spines on distal margin, followed by 2 little lateral spines, with setae between spines. Pleotelsonic central spine simple; longitudinal carina on dorsal surface strongly defined.



Figure 7. *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003; Female, 99.24 mm BL, Pernambuco (8°30'S, 34°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17288. White scale= 3 cm.

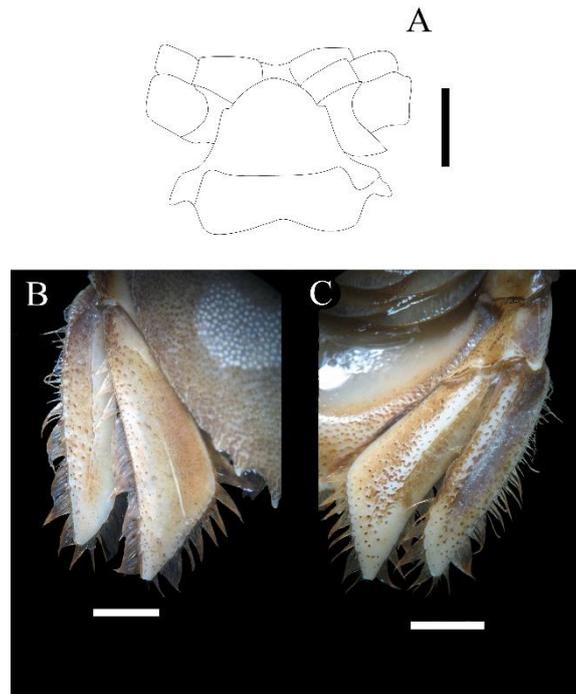


Figure 8. *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003 (MOUFPE 17288). A, clypeal region, anterior view (scale bar = 2 mm); Uropods, B) dorsal view; C) ventral view (Scale bars 5 mm).

Remarks: *Bathynomus obtusus* can be distinguished from congeners by the shape and angle between inner and distal margins of the exopod (Magalhães & Young, 2003). Meanwhile *B. giganteus* and *B. miyarei* is classified as “super giants” isopods, *B. obtusus* is set on group that reach up to 150 mm body length, termed “giants” (Lowry & Dempsey, 2006). This specie is very similar to *B. maxeyorum* (Shiple et al., 2016) with records at Bahamas on the Western North Atlantic Ocean, can be distinguished from *B. obtusus* by the shape of pleotelsonic carina, most evident in *B. obtusus*, from the format of uropods, and number of setae on distal margin of exopods and endopods. This specie is recorded along Brazilian coast from Bahia (14°S) to Espírito Santo states (21°S) (Magalhães & Young, 2003; Lowry & Dempsey, 2006). This is the northly most record on Brazilian coast, extending their distribution to Pernambuco waters (8°S).

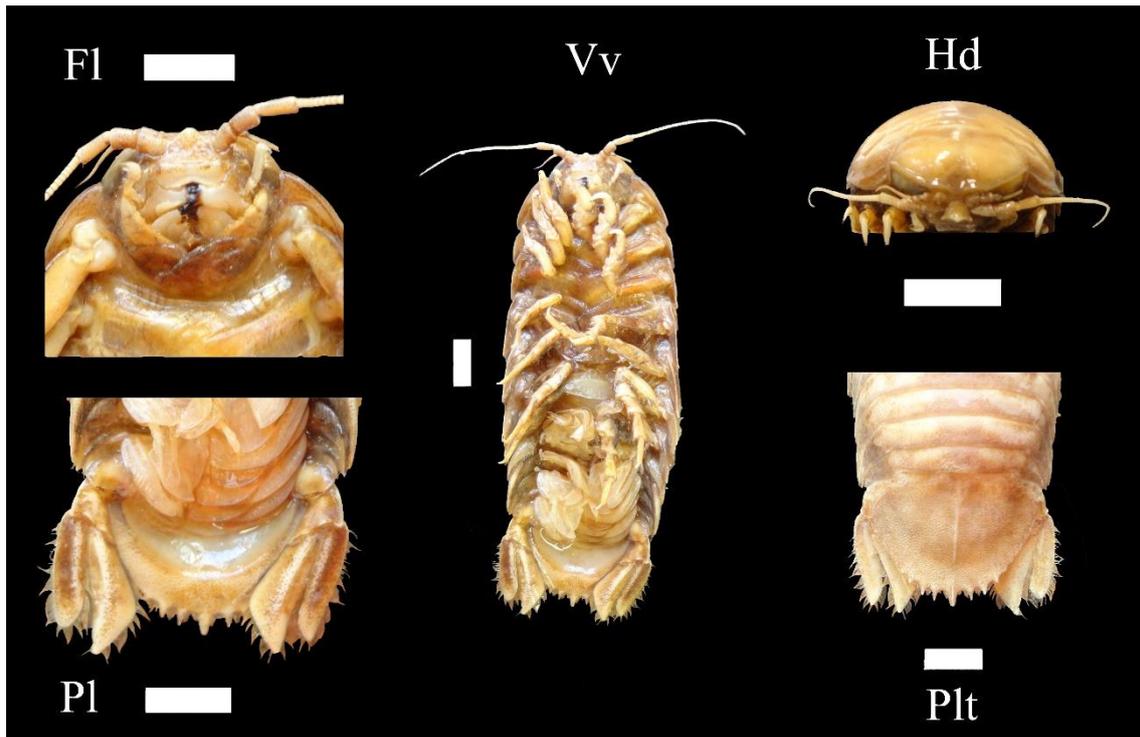


Figure 9: *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003; female, 99.24 mm BL, Pernambuco (8°30'S, 34°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17288. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view with oostegites; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White scale= 1 cm.

Distribution: Brasil (Pernambuco, Bahia and Espírito Santo)

Bathymetric distribution 232-840 m depth

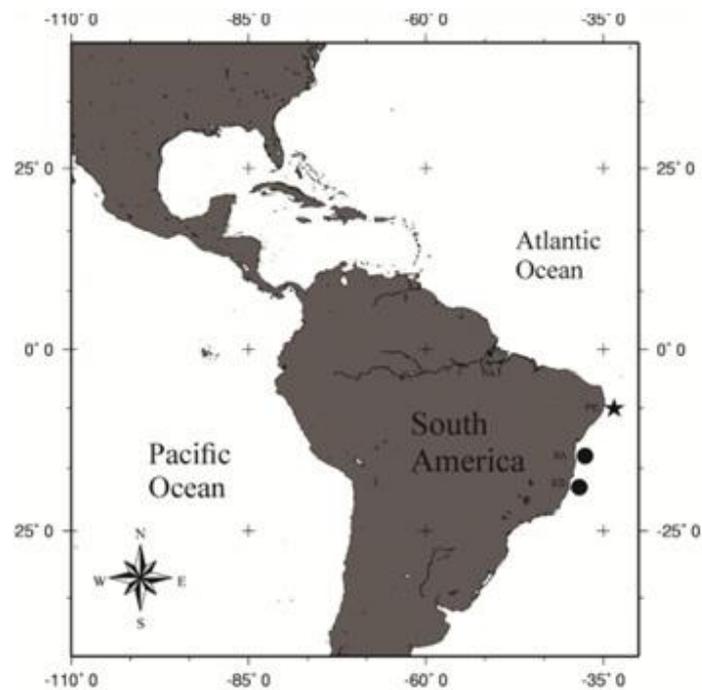


Figure 10. Distribution of *Bathynomus obtusus* (Magalhães & Young, 2003) along Brazilian coast. Black dots represent past records, while the star indicates the new record, off Pernambuco, Northeast Brazil. **Figure 9:** *Bathynomus obtusus* Magalhães & Young, 2003; female, 99.24 mm BL, Pernambuco (8°30'S, 34°41'W, 29/07/2016, 500 m). MOUFPE 17288. Fl, Frontal lamina; Pl, Pleopod; Vv, Ventral view with oostegites; Hd, Head; Plt, Pleotelson. White scale= 1 cm.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) for financing the project (APQ 15/2012), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Project CIMAR-II and granting the first author's scholarship. We are also deeply grateful to the crew of the Npq. Sinuelo and Leonardo Silveira for the assistance during the collecting, and the Laboratório de Carcinologia of UFPE.

References

- Briones-Fourzán, P. & Lozano-Alvarez, E. 1991. Aspects of the biology of the giant isopod *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879 (Flabellifera: Cirolanidae), off the Yucatan Peninsula. **Journal of Crustacean Biology**, 11(3): 375-385.
- Brusca, R.C. & Wilson, G.D.F. 1991. A phylogenetic analysis of the Isopoda with some classificatory recommendations. **Memoirs of the Queensland Museum**. 31: 143-204.
- Bruce, N.L., 1986. Cirolanidae (Crustacea: Isopoda) of Australia. **Records of the Australian Museum**, 6: 1-239.
- Cintra, I.H.A.; Ramos-Porto, M.; Silva, K.C. & Viana, G.F.S. 1998. Novos registros de espécies de *Bathynomus* (Crustacea: Isopoda) no Norte do Brasil coletados durante o programa REVIZEE. **Trab. Oceanogr. da Univ. Fed. de Pernambuco**. 26(1):103-106.
- Houlthuis, L.B. & Mikulka, R.W., 1972. Notes on the deep-sea isopods of the Genus *Bathynomus* A. Milne-Edwards, 1879. **Bulletin of Marine Science**, 22: 575-591.
- Keable, S.J. 1998. A third species of *Aatolana* Bruce, 1993 (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae). **Records of the Australian Museum** 50:19-26.
- Lemos de Castro, A. 1978. Descrição de uma espécie nova gigante do gênero *Bathynomus* Milne Edwards do litoral brasileiro (Isopoda, Cirolanidae). **Revista Brasileira de Biologia**. 38(1): 37-44.
- Lowry, J.K. & Dempsey, K. 2006. The giant deep-sea scavenger genus *Bathynomus* (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) in the Indo-West Pacific. *In* De Forges, R.B. &

- Justine, J. (Eds). **Tropical Deep-Sea Benthos**. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle. 193: 163-192.
- Magalhães, N. & Serejo, C., 2000. Taxonomia e distribuição de *Bathynomus* (Isopoda: Cirolanidae) na costa do Brasil. **I Congresso Brasileiro sobre Crustáceos**. São Pedro Brasil. P. 174.
- Magalhães, N. & Young, P.S. 2003. *Bathynomus* A. Milne Edwards, 1879 (Isopoda, Cirolanidae) from the Brazilian coast, with description of a new specie. **Arquivos do Museu Nacional**. 61(4): 221-239.
- Nayak, T.H.; Dinesshbabu, A.P. & Zacharia, P.U. 2007. A note on the capture of the 'giant isopod', *Bathynomus giganteus* A. Milne Edwards, 1879 off Mangalore coast, India. **J. Bombay Nat. Hist. Soc.**, 104(3): 369-370.
- Shih, C.T. 1972. Note on the giant isopod genus *Bathynomus* A. Milne-Edwards, 1879, with description of a new species. **Publications of the Seto Marine Biological Laboratory**. 21: 31-42.
- Shiple, O.N.; Bruce, N.L.; Violich, M.; Baco, A.; Morgan, N.; Rawlins, S. & Brooks, E.J. 2016. A new species of *Bathynomus* Milne Edwards, 1879 (Isopoda: Cirolanidae) from The Bahamas, Western Atlantic. **Zootaxa**, 4147(1): 082-088.
- Soong, K. 1992. Occurrence of the giant isopod *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879 (Isopoda, Flabellifera, Cirolanidae) in the West Pacific. **Crustaceana** 63:291-295.
- Soto, J.M.R. & Mincarone, M.M. 2001. Distribution and morphology of the giant isopods *Bathynomus giganteus* and *Bathynomus miyarei* (Flabellifera, Cirolanidae) off Southern Brazil. **Mare Magnum**. 1(2): 141-145.
- Watling, L. 1989. A classification system from crustacean setae based on the homology concept. In: Felgenhaur BE, Watling L, Thistle AB, eds. **Functional Morphology of Feeding and Grooming in Crustacea**. Rotterdam: A. A. Balkema, 15-26.
- Wilson, G.D.F., 2008. Global diversity of Isopod crustaceans (Crustacea; Isopoda) in freshwater. **Hydrobiologia** 595:231-240.

Capítulo 3

Biological features of the deep-sea giant isopod *Bathynomus miyarei* (Crustacea: Isopoda) from the Northeastern coast of Brazil

Summary

In this study, thirty-eight scientific cruises using baited traps released between 218-600 m depth at the upper slope were done from 2014 to 2018 to explore deep-sea crustaceans from Pernambuco State, Northeastern Brazil. One of the most abundant species caught was the giant isopod *Bathynomus miyarei*. Body length, weight, maturity stage and depth distribution were recorded for individuals. Specimens (n=289) ranged from 73.2-257 mm in length with depth variation in size and sex distribution. Males were more frequent in shallow strata and females appeared in deeper strata. *Bayhunomus miyarei* showed a skewed sex ratio, with a predominance of females (1 male: 1.7 female), with juvenile individuals more frequent than adults, comprising 93.8% in total catch. This result indicating that *B. miyarei* perform a seasonal breeding period, and no manca were caught.

Running title: *Bathynomus miyarei* biology of Northeastern Brazil

Key-words: giant isopod, seasonal reproduction, population structure, depth range, Pernambuco, Brazil

INTRODUCTION

The order Isopoda has about 10.300 described species grouped in 14 suborders, including the Cymothoidea which belongs isopods from Cirolanidae family, with 755 known species (Martin and Davis 2001, Poore and Bruce 2012). Cirolanidae are found in a great variety of habitats in tropical and temperate waters, being mostly marine, with records from shallow waters to about 2.700 m deep (Brusca et al. 1991, Wilson 2008, Poore and Bruce 2012). In Brazilian waters, twelve species of marine cirolanids are known, with the most representative works done on the North and Northeastern Brazil (Coelho and Koenig 1972, Coelho et al. 2002, Paiva and Souza-Filho 2015). The genus *Bathynomus* have already 20 valid extant species worldwide, and in Brazilian waters are three recorded species on the upper slope: *Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* and *B. obtusus* (Bruce 1986, Shipley et al. 2016, Kou et al. 2017).

Whereas isopods inhabiting coastal environments are well known for their population biology, knowledge of deep-sea populations is yet sparse, in particular for

Bathynomus species. The majority works of *Bathynomus spp.* on Brazilian waters are restricted to its distribution and taxonomy (Holthuis and Mikulka 1972, Magalhães and Serejo 2000, Magalhães and Young 2003). *Bathynomus miyarei*, is recorded with a distribution ranging from Amapá to Rio Grande do Sul, with records from Amapá, Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco and Rio Grande do Sul, in depths ranging from 80 to 800 m (Lemos de Castro 1978, Cintra et al. 1998, Soto and Mincarone 2001). Until now, this specie is considered endemic for the Brazilian coast.

The biology of *Bathynomus*, however, is still poorly understood worldwide, with few works only on congener species *B. giganteus* (Briones-Fourzán and Lozano-Alvarez 1991, Perry and Hinsch 1991, Barradaz-Ortiz et al. 2003), and *B. doederleini* (Tso and Mok 1991, Soong and Mok 1994). In this study, new information on the general biology of *B. miyarei* and its role in the deep benthic environment is provided.

MATERIALS AND METHODS

Thirty-eight deep sea exploratory fishing sets with bottom traps were carried out in the upper slope off Pernambuco State, northeast Brazil, between 07°50'S/ 34°27'W and 08°52'S/ 34°47'W, from October 2014 to March 2018 (Fig. 1). Specimens were caught by conical and rectangular traps baited with 500 g of *Scomber japonicus* and released at depths ranging from 200 to 600 m. Collected specimens were photographed, labeled and stored in ice, on board, until transportation to the Fisheries Oceanography Laboratory-LOP, of the Fisheries and Aquaculture Department, of Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), where they were studied.

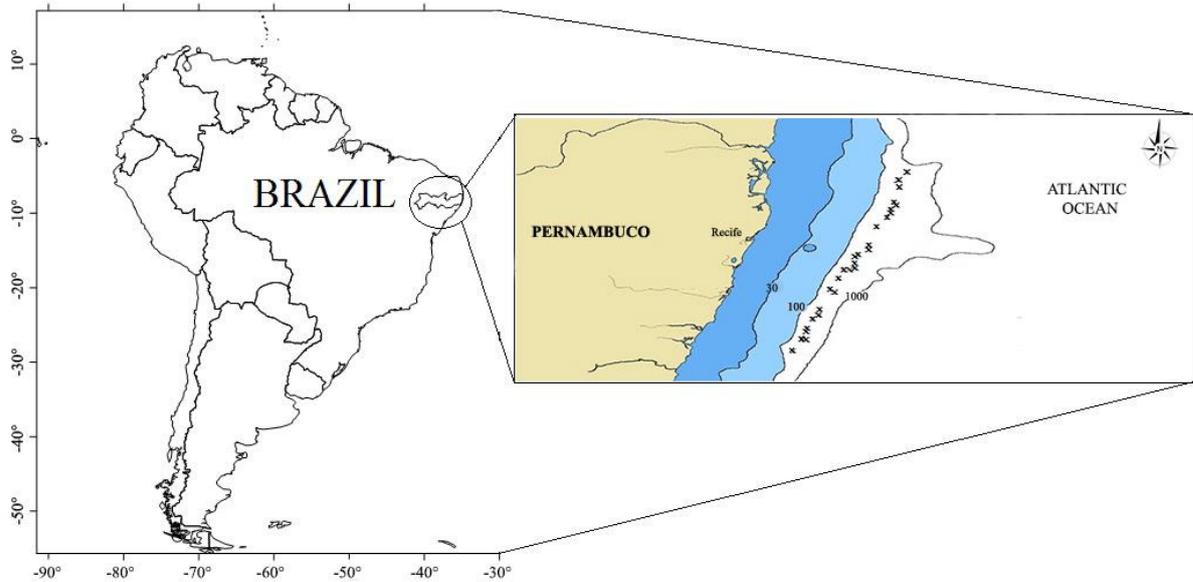


Figure 1. Localities where *Bathynomus miyarei* were collected between 2015 and 2018 at Pernambuco state, northeastern Brazil

At the laboratory, specimens were straightened on the stand for the for the measurement of body length (BL, from the frontal edge of the head to the extreme of the median spine in the pleotelson, ± 0.01 mm), weighed (W, in g) using digital scale, and sexed, by the presence of rudimentary or functional oostegites (near the base of the pereopods), in females, and the presence of penises (on the sternum of seventh pereonite) or appendices masculinae (near the base of endopod of second pleopod), in males.

Individuals of *B. miyarei* were initially categorized in five different maturity phases: undetermined, juvenile male, juvenile female, adult male and adult female. Undetermined specimens were those that could not yet be sexed, based on their morphological characters. Female specimens were considered juvenile when they had rudimentary oostegites that were not yet functional. Males were considered juvenile when they had penises but lacked appendices masculinae (Briones-Fourzán and Lozano-Álvarez 1991). All adult males, therefore, exhibited appendices masculinae, while all adult females had functional oostegites. Appendices masculinae and functional oostegites are temporally, suggesting that individuals with this morphological character are able to

reproduce. The body length-frequency distribution of *B. miyarei* was analyzed by intervals of 20 mm. The overall mean sizes were compared by F-test and the length-weight relationship was analyzed to estimate allometric growth. The sex ratio was analyzed for the overall sample and by depth range, for 50 m intervals. A chi-square test (χ^2) with significance level of 5% was used to determine significant deviations from 1:1. Specimens were preserved in 70% ethanol and deposited in Museu de Oceanografia Petrônio Alves Coelho (MOUPE) and in the crustacean collection of the UFRPE.

RESULTS

A total of 289 specimen of *B. miyarei* were collected at depths ranging from 300 to 600 m. Of the 289 *B. miyarei* collected, 106 were male, ranging from 76.0 to 257.0 mm BL, and 177 were female, ranging from 73.2 to 237.0 mm BL, while in 6 specimens (83.6 to 113.6 mm BL) the sex could not be determined. Females were more frequent from 80.0 to 220.0 cm size classes, while males predominated in the smallest (60.0-80.0 cm) and largest classes (220.0-260.0 cm), although individuals with BL smaller than 80 mm and larger than 240 mm were very rare (Fig. 2).

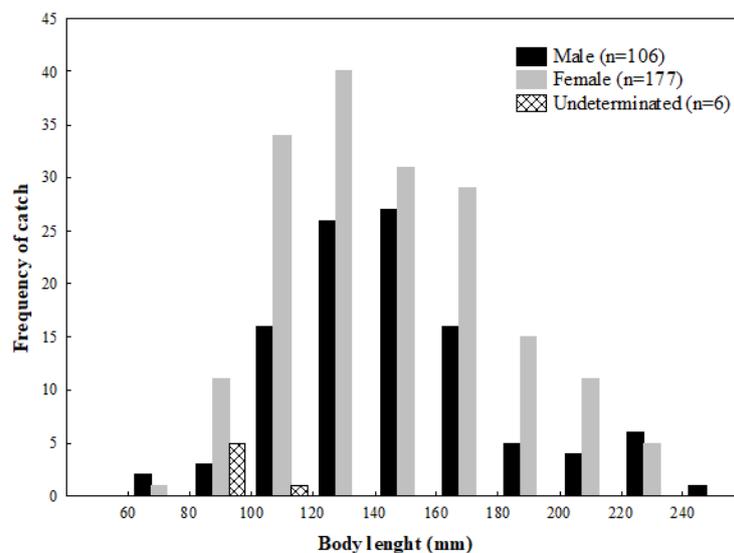


Figure 2. Size-frequency distribution of undetermined (crushed bars), males (black bars) and females (grey bars) of *Bathynomus miyarei* ($n= 289$), at Pernambuco state, Northeast Brazil.

The largest specimen was a male measuring 257.0 mm BL and weighting 278.46 g. Juvenile males attained a longer BL (228.0 mm BL), with larger mean sizes (146.0 ± 32.1 mm BL) than juvenile females (respectively, 214.0 mm BL; and 142.4 ± 31.5 mm mean BL). The smallest male with appendices masculinae, considered adult, measured 230.0 mm BL, while the smallest female with functional oostegite, also considered adult, measured 219.0 mm BL, although none was ovigerous. In each maturity phase, males had a larger BL than females, but the overall mean sizes for males (146.6 ± 35.8 mm BL) and for females (145.9 ± 35.4 mm BL) did not differ statistically ($F(1,281) = 0.218, p = 0.641$) (Table 1). The body length-weight relationship for both males and females was obtained and shows a negative allometric growth for both sexes, with slope statistically different from 3 (t -test, $P > 0.05$) (Fig. 3).

Table 1. Number of individuals (n), body length (BL \pm SD), weight (W \pm SD) and depth range (m) of each life phase of the population off Pernambuco state, Northeastern Brazil.

Maturity phases	n	Min – Max (BL – mm)	Mean \pm SD	Min – Max (W – g)	Mean \pm SD	Depth range (m)
Undetermined	6	83,6 – 113,6	97 \pm 10,5	15,9 – 34,97	26 \pm 6,3	312 – 500
Juvenile males	103	76 – 228	146,0 \pm 32,1	14,54 – 341,24	99,80 \pm 54,10	300 – 500
Adult males	3	230 – 257	240,7,0 \pm 14,4	278,46 – 303,75	289,04 \pm 13,13	402 – 486
Juvenile females	168	73,2 – 214	142,4 \pm 31,5	15,98 – 269,51	97,49 \pm 56,27	301 – 508
Adult females	9	219 – 237	225,1 \pm 7,0	249,36 – 470,66	325,73 \pm 61,75	311 – 405
Total	289	73,2 – 257	146,4 \pm 36,0	14,54 – 470,66	105,98 \pm 71,0	300 – 508

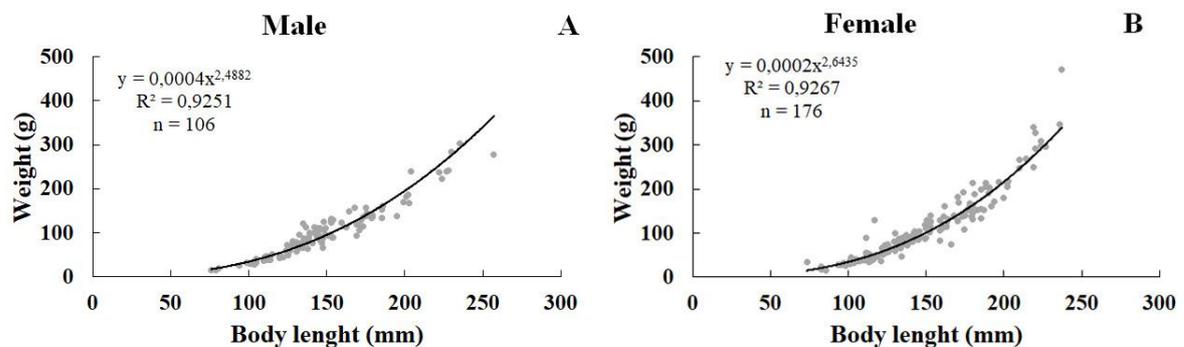


Figure 3. Body length-weight relationship for males (A) and females (B) of *Bathynomus miyarei* caught on the upper slope of Pernambuco, Northeastern Brazil.

Juvenile males (n= 103) and juvenile females (n= 168) comprised 93.8% of the catch. Juvenile males were more frequent in shallow strata (300 to 350 m), while juvenile females predominated in depths bellow 400 m. Although in much lower numbers than juveniles, adult males showed a deeper depth distribution (400 to 550 m), while adult females, on the contrary, were distributed in shallower depths (300 to 450m) than juveniles. Depths between 350 to 400 m and 450 to 500 m were not caught any specimens of *B. miyarei* on the upper slope of Pernambuco waters (Fig. 4).

The overall sex ratio (male: female) was 1:1.7, showing a statistically significant predominance of females in the overall sample ($\chi^2 = 17.81$; $P < 0.05$). The sex ratios for each depth strata were also significantly different than 1:1, except for the one from 500 to 550 m, where the number of females surpassed males (Table 2).

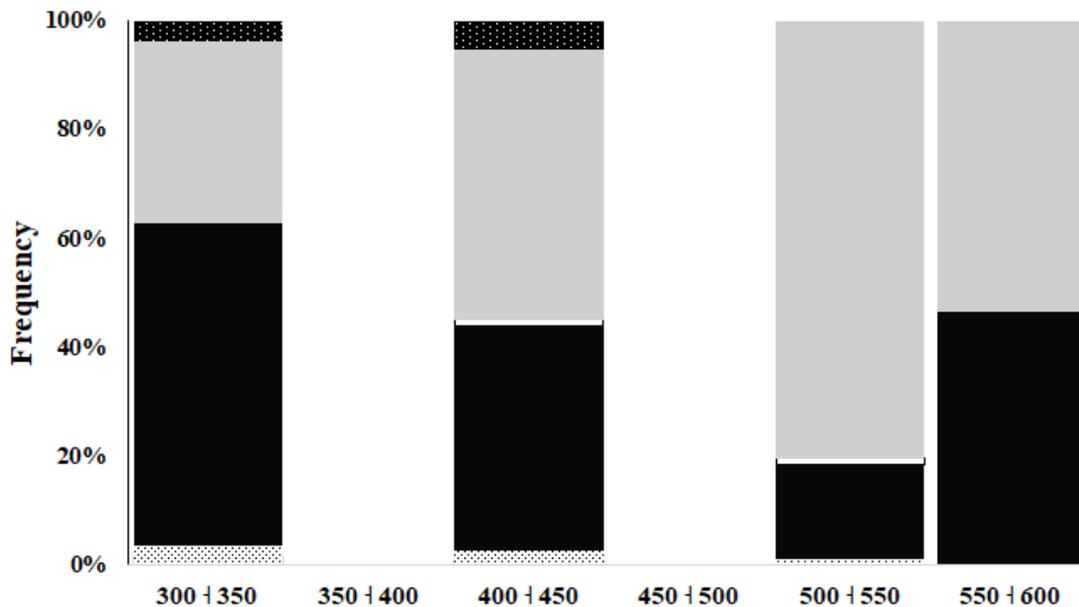


Figure 4. Depth distribution of *Bathynomus miyarei* caught off Pernambuco state, northeast Brazil. Black bars: juvenile males; white bars: adult males; amber bars: juvenile females; white-dotted black bars: adult females; black-dotted white bars: undetermined sex. Numbers on top of the bars correspond to the number of individuals sampled in each range of depth.

Table 2. Proportion of male and female specimens of *Bathynomus miyarei* caught off Pernambuco state, northeast Brazil. The deviation from an equal sex ratio was tested for each depth range (* $P < 0,05$; χ^2).

Depth range	Male	Female	χ^2	P value	Sex ratio
300 † 350	16	10	1,38	0,24	1,0 : 0,6
350 † 400	0	0	-	-	-
400 † 450	66	85	2,39	0,12	1,0 : 1,3
450 † 500	-	-	-	-	-
500 † 550	17	74	35,70	0,01*	1,0 : 4,4
550 † 600	7	8	0,07	0,79	1,0 : 1,1
Total	106	177	17,81	0,01*	1,0 : 1,7

DISCUSSION

The genus *Bathynomus* is easily recognized from the other ones of the Cirolanidae family due to its large size and deep-water habitat. It contains twelve described species, three of them recorded from Brazilian waters: *Bathynomus giganteus*, *B. miyarei* and *B. obtusus* (Magalhães and Young, 2003, Lowry and Dempsey 2006). *Bathynomus giganteus* and *B. miyarei* are very similar in their external morphology. However, *B. giganteus* can be distinguished from *B. miyarei* mainly by the number of spines on the posterior margin of the pleotelson and by the shape of the distal margin of the exopod, which is longer than the proximal margin in *B. miyarei* (Soto and Mincarone 2001). This specie was described by Lemos de Castro (1978) with disjunct distribution off Brazilian coast (Ceará, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul). Cintra et al. (1998) extended its distribution from off Amapá and Pará, in North Brazil, while Soto and Mincarone (2001) recorded the occurrence of the species from Santa Catarina, southern Brazil, indicating that it is probably distributed throughout the whole Brazilian coast. The occurrence of *B. miyarei* on the upper slope of Pernambuco waters confirm its regional distribution on the northeastern coast of Brazil.

Males and females of *B. miyarei* analyzed here had similar sizes of body length, even with females more abundant in number of caught than males. Soto and Mincarone (2001), studying populations of *B. giganteus* and *B. miyarei* off southern Brazil, found a higher abundance of males of *B. miyarei*, unlike the results found here, where females were more frequent. This result can be explained probably by the number of fishing operations, with 38 in this study against six performed by Soto and Mincarone (2001).

Lemos de Castro (1978) found specimens of *B. miyarei* ranging from 170 to 280 mm BL, whereas Soto and Mincarone (2001) found specimens ranging from 51 to 279 mm BL, and more recently, Magalhães and Young (2003) studying a large collection from REVIZEE program extend its distribution from 40 to 280 mm BL. The size distribution found here (73.2 to 257.0 mm BL) are within the range described by these authors, corroborating with results already found previously. However, no manca stage were caught during this research.

Males predominated in small sizes classes and females were more frequent in larger sizes classes. Soong and Mok (1994) studying the biology of *B. doederleini* from Taiwan found the same pattern with females reaching larger sizes, suggesting that males and females have different growth or mortality rates, probably due to adaptive changes for brooding more embryos. However, for *B. giganteus* off the Yucatan Peninsula, Mexico, most large individuals were males (Briones-Fouzán and Lozano-Alvarez 1991, Barradaz-Ortiz et al. 2003). The proportion of males and females considered as adult of *B. miyarei* from Pernambuco waters was very low, suggesting a seasonal breeding period, in contrast for species of *B. giganteus* but similar with *B. doederleini* (Soong and Mok 1994, Barradaz-Ortiz et al. 2003) indicating that three species of *Bathynomus* have different reproductive strategies, with affinity between *B. miyarei* and *B. doederleini*. Its important to note that morphological characters to determine if specimens are adult or juvenile, as

appendices masculinae for males and functional oostegites for females, are temporally and they present just when they are able to reproduce, losing these characters on next moult. This fact could suggest that females and males attain their adulthood in less size class than reported by these authors, including our study, being necessarily more studies with histological analyses to confirm this hypothesis.

Length increases are higher in young people, who allocate energy for linear growth and development of somatic structures, showing a negative allometry ($b < 3$). When reaching adulthood, the opposite occurs: greater amount of energy is allocated for storage of reserves and development of reproductive structures, which generates a greater increase in weight, or positive allometry ($b > 3$). Thus, the values found in the body length-weight relationship may be related to the age of individuals sampled, since the population of *B. miyarei* from Pernambuco waters was predominantly composed by juvenile individuals, comprised by 93.8% in total catch. This result differs from those found by Soto and Mincarone (2001), where *B. miyarei* collected on the continental slope off southern Brazil shows an isometric growth, but the number of specimens caught in the previous study ($n=143$) was lower than the present study ($n=289$) suggesting more accurately relationship.

B. miyarei was found in depths ranging from 300 to 508 m of upper slope from Pernambuco and are within the reported depth range of vertical distribution from 232 to 799 m along Brazilian coast (Soto and Mincarone 2001, Magalhães and Young 2003). Any previously information about sex distribution by depth was given, although this result showed the same depth distribution from males and females, meanwhile females appears occupying deeper strata than males probably to reproduce and/or brooding eggs.

REFERENCES

- Barradas-Ortiz C., Briones-Fourzán P., Lozano-Álvarez E. 2003. Seasonal reproduction and feeding ecology of giant isopods *Bathynomus giganteus* from the continental slope of the Yucatán peninsula. *Deep-sea Research Part I*, 50: 495-513.
- Brandt A., Poore G.C.B. 2003. Higher classification of the flabelliferan and related Isopoda based on a reappraisal of relationships. *Invertebrate Systematics*. 17: 893-923.
- Briones-Fourzán P., Lozano-Alvarez E. 1991. Aspects of the biology of the giant isopod *Bathynomus giganteus* A. Milne-Edwards, 1879 (Flabellifera: Cirolanidae), off the Yucatan Peninsula. *Journal of Crustacean Biology*, 11(3): 375-385.
- Bruce N.L. 1986. Cirolanidae (Crustacea: Isopoda) of Australia. *Records of the Australian Museum*, 6: 1-239.
- Brusca R.C., Wilson G.D.F. 1991. A phylogenetic analysis of the Isopoda with some classificatory recommendations. *Memoirs of the Queensland Museum*. 31: 143-204.
- Cintra I.H.A., Ramos-Porto M., Silva K.C., Viana G.F.S. 1998. Novos registros de espécies de *Bathynomus* (Crustacea: Isopoda) no Norte do Brasil coletados durante o programa REVIZEE. *Trab. Oceanogr. da Univ. Fed. de Pernambuco*. 26(1):103-106.
- Coelho P.A., Coelho-Santos M.A., Torres M.F., Monteiro B.R., Almeida V.A.K. 2002. Reino Animalia: Filo (ou Subfilo) Crustacea no Estado de Pernambuco. Capítulo 30. P. 429-483. *In: Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (orgs.). Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco. Volume 2. Recife: Ed. Massangana. 363.*
- Coelho P.A., Koenig M.L. 1972. Distribuição dos crustáceos pertencentes as ordens Stomatopoda, Tanaidacea e Isopoda no Norte e Nordeste do Brasil. *Trabalhos oceanográficos da UFPE*, 13:245-259.
- Houlthuis L.B., Mikulka R.W. 1972. Notes on the deep-sea isopods of the genus *Bathynomus* A. Milne-Edwards, 1879. *Bulletin of Marine Science*, 22: 575-591.
- Kou Q., Chen J., Xinzheng L., Lisheng H.A., Wang Y. 2017. New species of the giant deep-sea isopod genus *Bathynomus* (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from Hainan Island, South China Sea. *Integrative Zoology*, 12: 283-291.
- Lemos de Castro A., Lima I.M.B. 1976. Nova espécie de *Cirolana* Leach e ocorrência de *Cirolana palifrons* Barnard no litoral brasileiro. *Atas da Sociedade de Biologia*, 18: 77-81.
- Lemos de Castro A. 1978. Descrição de uma espécie nova gigante do gênero *Bathynomus* Milne Edwards do litoral brasileiro (Isopoda, Cirolanidae). *Revista Brasileira de Biologia*. 38(1): 37-44.
- Lowry J.K., Dempsey K. 2006. The giant deep-sea scavenger genus *Bathynomus* (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) in the Indo-West Pacific. *In De Forges, R.B. & Justine, J. (Eds). Tropical Deep-Sea Benthos. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*. 193: 163-192.

- Magalhães N., Serejo C. 2000. Taxonomia e distribuição de *Bathynomus* (Isopoda: Cirolanidae) na costa do Brasil. I Congresso Brasileiro sobre Crustáceos. São Pedro Brasil. P. 174.
- Magalhães N., Young P.S. 2003. *Bathynomus* A. Milne Edwards, 1879 (Isopoda, Cirolanidae) from the Brazilian coast, with description of a new specie. Arquivos do Museu Nacional. 61(4): 221-239.
- Paiva R.J.C., Souza-Filho J.F. 2015. A new species of *Dolicholana* Bruce, 1986 (Isopoda, Cymothoidea, Cirolanidae), the first record of the genus from the Atlantic Ocean. Zootaxa, 4039(2): 276-288.
- Perry N.E., Hinsch G.W. 1991. Reproduction in the giant isopod, *Bathynomus giganteus*. Invertebrate Reproduction and Development, 20(2): 153-157.
- Poore G.C.B., Bruce N.L. 2012. Global diversity of marine isopods (except Asellota and Crustacean Symbionts). PLoS ONE 7(8): e43529. Doi: 10.1371/journal.pone.0043529.
- Shiple O.N., Bruce N.L., Violich M., Baco A., Morgan N., Rawlins S., Brooks, E.J. 2016. A new species of *Bathynomus* Milne Edwards, 1879 (Isopoda: Cirolanidae) from The Bahamas, Western Atlantic. Zootaxa, 4147(1): 082-088.
- Soong K., Mok H.K. 1994. Size and maturity stage observations of the deep-sea isopod *Bathynomus doederleini* Ortmann, 1894 (Flabellifera: Cirolanidae), in eastern Taiwan. Journal of Crustacean Biology, 14(1): 72-79.
- Soto J.M.R., Mincarone M.M. 2001. Distribution and morphology of the giant isopods *Bathynomus giganteus* and *Bathynomus miyarei* (Flabellifera, Cirolanidae) off Southern Brazil. Mare Magnum. 1(2): 141-145.
- Tso S.F., Mok H.K. 1991. Development, reproduction and nutrition of the giant isopod *Bathynomus doederleini* Ortmann, 1894 (Isopoda, Flabellifera, Cirolanidae). Crustaceana, 61(2): 141-154.
- Wilson G.D.F. 2008. Global diversity of Isopod crustaceans (Crustacea; Isopoda) in freshwater. Hydrobiologia 595:231-240.

Capítulo 4

ASPECTOS DA BIOLOGIA DO CAMARÃO SOLDADO *Plesionika edwardsii* (BRANDT, 1851), NA COSTA DO ESTADO DE PERNAMBUCO - BRASIL

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo investigar os aspectos da biologia do camarão soldado, *Plesionika edwardsii*, de águas profundas (< 200 m) na costa de Pernambuco – Brasil. Os espécimes examinados foram capturados entre outubro de 2014 e março de 2018, por meio de armadilhas de fundo (covos), iscadas, em profundidades variando entre 218 e 600 m. Foram capturados 216 espécimes, sendo 113 machos (51,8%), 102 fêmeas (47,7%) e 1 espécimen (0,50%) cujo sexo não foi possível identificar. O comprimento do cefalotórax (CC) variou de 12,7 a 27,1 mm, para os machos, e de 10,1 a 27,2 mm, para as fêmeas. O peso total dos machos variou de 1,04 a 10,1 g, e o das fêmeas de 0,48 a 12,84 g. Não foram observadas diferenças significativas entre os sexos nas variáveis comprimento e peso nos indivíduos. Os valores do coeficiente de alometria (b) caracterizaram um crescimento alométrico negativo para ambos os sexos. Foram identificados dois estágios de desenvolvimento da massa de ovos: I e III. O camarão *P. edwardsii* apresentou relação positiva entre o número de ovos e o comprimento da carapaça. A maior frequência de fêmeas ovígeras foi observada entre a classe 22,8 † 24,8 mm, com a maior média de número de ovos tendo sido observada na classe 26,8 † 28,8mm, embora o número tenha variado bastante para uma mesma classe de tamanho. O maior número de fêmeas ovígeras foi encontrado entre os meses de junho e agosto, sugerindo uma atividade reprodutiva mais intensa nessa época do ano, na costa pernambucana.

Introdução

Nas últimas décadas, a pesca de profundidade tem despontado como uma importante alternativa para o setor pesqueiro frente à crescente escassez dos recursos explorados por pescarias tradicionais na plataforma continental, resultando em um desenvolvimento acelerado de novas tecnologias para a captura de recursos vivos em águas profundas (Pezzuto et al., 2006; Oliveira et al., 2007; Serejo et al., 2007; Arana et al., 2013). Para que possa ocorrer de forma sustentável, porém, a expansão da fronteira pesqueira precisa ser amparada por pesquisas que permitam identificar a riqueza, abundância e ciclo de vida das principais espécies presentes em maior profundidade.

Um dos recursos pesqueiros importantes de águas profundas é o camarão soldado, *Plesionika edwardsii* Brandt, 1851, pertencente a Família Pandalidae, que inclui apenas espécies marinhas (Holthuis, 1980; Chace-Jr. 1985). Embora seja mais abundante em águas mais frias de ambos os hemisférios, o camarão soldado possui distribuição circumglobal, ocorrendo desde a transição da plataforma continental e talude até mais de

3.000 m (Garcia-Rodrigues et al., 2000; Possenti et al., 2007). Por causa de seu tamanho, possui um elevado valor comercial, sendo por isso alvo de pescarias dirigidas (Pezzuto et al., 2006; Arana et al., 2009; Dallagnolo et al., 2009; Perez et al., 2009). De acordo com Cartes et al. (2002), a espécie desempenha um papel ecológico importante nas comunidades bentônicas, devido à sua abundância e relações tróficas, sendo um importante item da dieta dos peixes e cefalópodes demersais.

A distribuição geográfica do camarão soldado é bem ampla, ocorrendo no Pacífico ocidental, Atlântico ocidental e oriental, incluindo quase todo o Mediterrâneo e os arquipélagos dos Açores, Madeira, Canárias e Ilhas de Cabo Verde, além do Oceano Índico Ocidental, na ilha de Seychelles (Crosnier & Forest 1973; Holthuis 1980; Chace 1985; Fransen 1991; Martins & Hargreaves 1991; Biscoito 1993). No Brasil, há registros da espécie no Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Pernambuco, Sergipe e Bahia (Crosnier & Forest, 1973; Holthuis, 1980; Chace JR., 1985; Cabral et al., 2000; Oliveira et al., 2014).

Landeira et al. (2009) estudaram a morfologia dos estágios larvais da espécie no sudoeste da ilha de Gran Canaria, noroeste da África, enquanto Melo et al., (2007) avaliaram a sua biologia e abundância nos Açores, em Portugal. Entre os principais estudos realizados no Brasil sobre as comunidades demersais de águas profundas, destaca-se o programa REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), que aportou uma contribuição significativa para a identificação de várias espécies macrobentônicas, além de informações sobre a sua biologia (Haimovici, 1998; Braga et al., 2008; Tavares & Serejo, 2009; Oliveira et al., 2014). Em relação ao *P. edwardsii*, apesar de já terem sido realizadas pesquisas relacionadas com a pesca e biologia da espécie na costa nordeste do Brasil (Oliveira et al., 2014), as informações disponíveis são ainda bastante escassas, não havendo nenhum trabalho específico para a costa pernambucana.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar alguns aspectos da biologia do camarão soldado *P. edwardsii* de águas profundas na costa de Pernambuco, na expectativa de que os resultados gerados possam conduzir a uma melhor compreensão da dinâmica populacional da espécie, reunindo informações sobre a proporção sexual, estrutura de tamanho, relação peso-comprimento e fecundidade. Desta maneira, espera-se contribuir para a conservação dos seus estoques, além de ampliar o conhecimento sobre a estrutura das comunidades demersais de águas profundas, de uma maneira geral.

Material e métodos

Todos os espécimes examinados no presente trabalho foram capturados com armadilhas de fundo com formato idêntico ao das que foram utilizadas durante o programa REVIZEE (Oliveira et al., 2014), cada uma delas iscada com cerca de 500 g de cavalinha (*Scomber japonicus*). Ao todo, foram lançadas 114 armadilhas de fundo, distribuídas em 38 lances de pesca, com três armadilhas tendo sido utilizadas em cada lance. Os lances foram realizados alternadamente, no início da manhã e ao entardecer. A unidade de esforço considerada para o cálculo da abundância relativa (em termos de CPUE) foi número de armadilhas por lance de pesca. Em cada lançamento, foram registradas a data, a hora de início e fim do lançamento e do recolhimento das armadilhas, a posição da embarcação (latitude e longitude) e a profundidade (m). Após a captura e embarque, os camarões foram identificados, fotografados, acondicionados em sacos plásticos e armazenados em gelo, tendo sido posteriormente preservados em etanol 70%.

Uma vez no laboratório, os indivíduos foram separados por sexo, com base no exame dos caracteres sexuais secundários, com os machos tendo sido reconhecidos pela presença do apêndice masculino no endopodito do segundo par de pleópodos e as fêmeas pela ausência deste apêndice. Os espécimes cujo sexo não foi possível identificar, foram classificados como sexo indeterminado. Após a sexagem, foram obtidos o peso total, com auxílio de uma balança de precisão digital (0,001g), e o comprimento do cefalotórax, compreendido entre distância linear da margem posterior da órbita até a margem pósterodorsal da carapaça (CC, em mm), com auxílio de um paquímetro. A frequência absoluta foi determinada pelo número total de indivíduos e comparada por sexo e entre os meses de captura por meio da análise não paramétrica de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, respectivamente. Captura por unidade de esforço (CPUE) foi calculada através número total de indivíduos capturados por lance.

Para a análise de estrutura populacional, os indivíduos foram separados em classes de tamanho e em grupos de interesse: machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras. Para diferenças de tamanho entre machos e fêmeas foi utilizado o intervalo de confiança de 95%. A proporção sexual foi calculada pelo número de machos divididos pelo número de fêmeas coletadas, por mês de captura. Os desvios na proporção esperada (1:1) foram testados pelo teste de qui-quadrado. A relação peso-comprimento foi estimada através da expressão $P(i) = a CC(i)^b$. Os parâmetros a e b foram estimados após transformação logarítmica dos dados de peso total e comprimento do cefalotórax.

As fêmeas ovígeras tiveram seus ovos destacados de seus pares de pleópodos, com auxílio de pinças e bisturi, para que pudessem ser contados para análise de fecundidade.

O número de ovos presentes nas fêmeas e seus estágios de desenvolvimento foram determinados de acordo com Company & Sardá (1997), classificando-se em três categorias: (I) mais do que dois terços do volume do ovo ocupado por vitelo, sem pigmentos oculares visíveis, embrião com pouca ou nenhuma diferenciação; (II) fase de formação ocular e diferenciação embrionária, possuindo segmentação e desenvolvimento de apêndices, com vitelo ocupando mais de um terço do volume do ovo; e (III) olhos completamente desenvolvidos e diferenciação dos apêndices em fase final, com vitelo ocupando menos de um terço do volume do ovo. Para a contagem dos ovos foi utilizado um estéreo-microscópio com auxílio de um contador manual analógico portátil de 4 dígitos. O período reprodutivo foi determinado pela presença de fêmeas ovígeras no decorrer do ano e pelo estágio de desenvolvimento da massa de ovos.

As análises estatísticas foram realizadas com os softwares estatísticos SPSS IBM Statistics, Versão 20.1. A significância estatística de todos os resultados foi avaliada ao nível de confiança de 95%.

Resultados

Foram capturados 216 espécimes de *P. edwardsii* durante o período de estudo, sendo 113 machos (52,3%), 102 fêmeas (47,2%) (39 ovígeras), e 1 exemplar de sexo indeterminado (0,5%). A distribuição de frequência de comprimento do cefalotórax (CC) foi unimodal para fêmeas, com moda na classe de 21 mm CC, enquanto que os machos apresentaram padrão bimodal, com modas nas classes de 21 e 23 mm CC (Figura 1). O comprimento do cefalotórax (CC) do *P. edwardsii* variou entre 10,1 a 27,1 mm, com média de $20,9 \pm 2,7$ mm CC. Os machos obtiveram comprimentos mínimo e máximo entre 12,7 a 27,1 mm CC, com média ligeiramente maior ($21,1 \pm 2,4$ mm CC) e amplitude menor que o registrado para as fêmeas, as quais variaram entre 10,1 a 27,0 mm CC e comprimento médio de $20,9 \pm 2,9$ mm CC. Os machos obtiveram maior peso médio ($P= 6,91 \pm 2,17$ g), variando entre 1,04 e 10,01 g, enquanto que o peso das fêmeas apresentou uma maior amplitude, variando entre 0,48 e 12,84 g, com média, porém, ligeiramente menor ($P= 6,84 \pm 2,22$ g). Não foram observadas diferenças significativas no comprimento do cefalotórax e peso entre os sexos (respectivamente, Mann-Whitney $P= 0,754$; Mann-Whitney $P= 0,303$). Março apresentou menores comprimento e peso médios entre os meses de captura, entretanto com maior amplitude de comprimento do cefalotórax, enquanto que o mês de agosto obteve maior amplitude de peso (Figura 2).

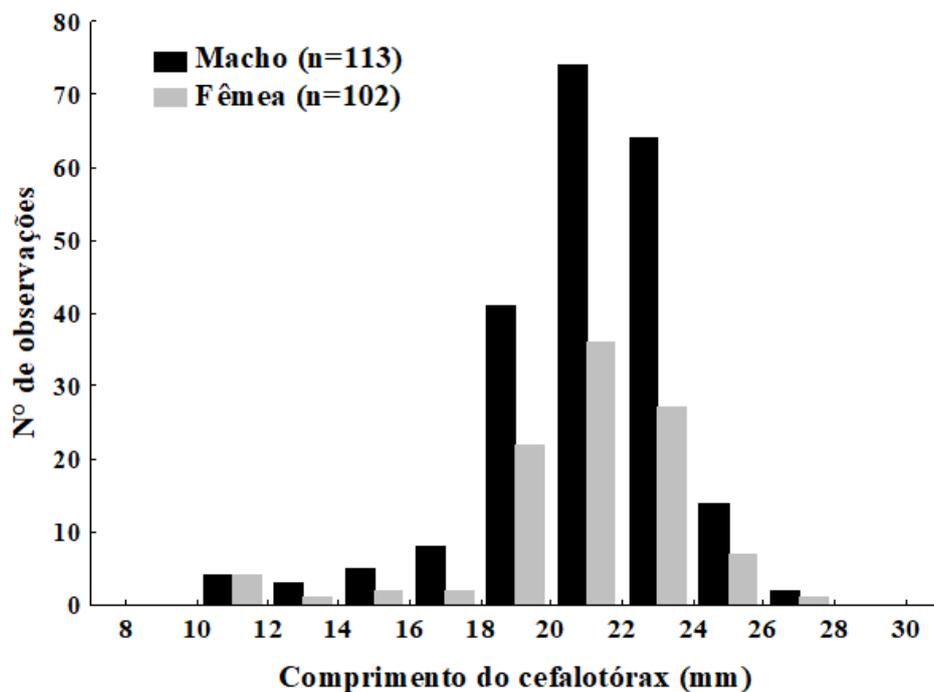


Figura 1. Histograma de distribuição por comprimento do cefalotórax do *P. edwardsii* capturado no litoral pernambucano.

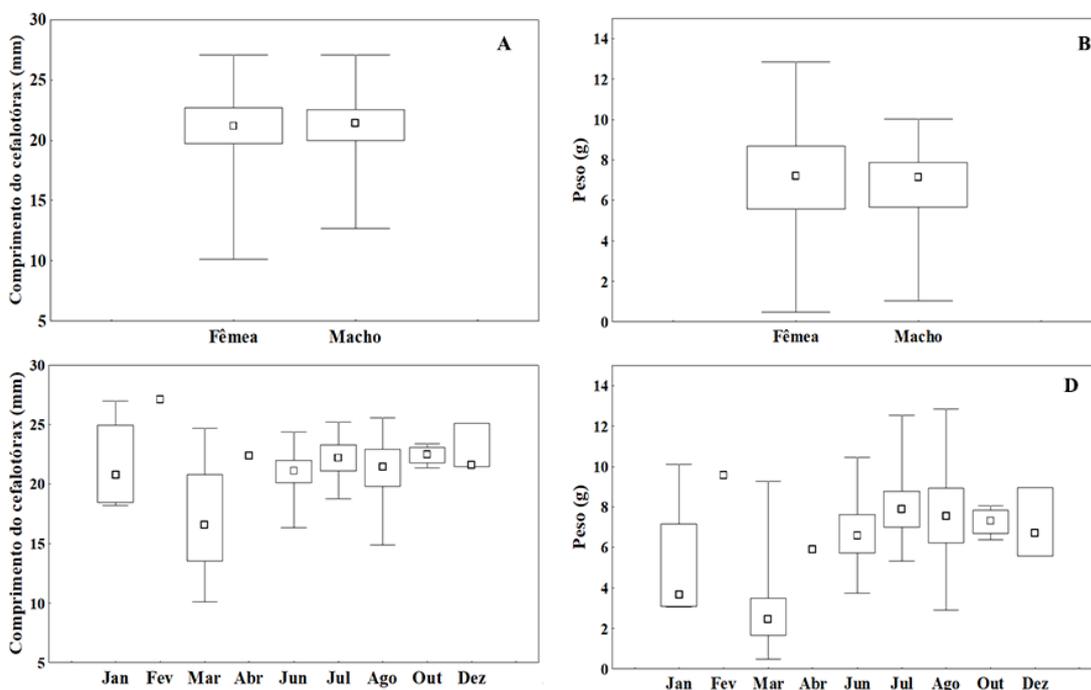


Figura 2. Variação de comprimento do cefalotórax e peso por sexo (A, B) e mês (C, D) do *P. edwardsii* capturado no litoral pernambucano

A proporção sexual total foi próxima a 1:1 (M:F = 1,0:0,9), não havendo diferença significativa entre os sexos ($\chi^2 = 0,563$, $P = 0,453$). Em relação aos meses de captura, a

única diferença estatisticamente significativa foi observada no mês de julho ($\chi^2= 10,00$, $P= 0,002$), quando os machos foram mais abundantes que as fêmeas (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção sexual do camarão soldado *P. edwardsii* capturado no litoral pernambucano

Mês	Nº Machos	Nº Fêmeas	Proporção sexual	χ^2	P
Janeiro	1	3	1,0 : 3,0	1,00	0,317
Fevereiro	1	0	-	-	-
Março	11	11	1,0 : 1,0	0,00	1,00
Abril	1	0	-	-	-
Junho	39	41	1,0 : 1,1	0,05	0,823
Julho	30	10	1,0 : 0,3	10,00	0,002*
Agosto	26	34	1,0 : 1,3	1,07	0,302
Outubro	2	2	1,0 : 1,0	0,00	1,00
Dezembro	2	1	1,0 : 0,5	0,33	0,564
Total	113	102	1,0 : 0,9	0,56	0,453

Os valores do coeficiente de alometria (b) para os machos e fêmeas foram bastante próximos, iguais a 2,70 e 2,73, respectivamente, caracterizando um crescimento alométrico negativo para ambos os sexos, ou seja, o peso aumenta de acordo com o comprimento da carapaça, mas com uma taxa levemente menor (t-test, $p>0,05$). O coeficiente de determinação situa-se entre 0,738 e 0,791, indicando uma boa confiança na relação entre o comprimento de cefalotórax e o peso dos camarões (Figura 3).

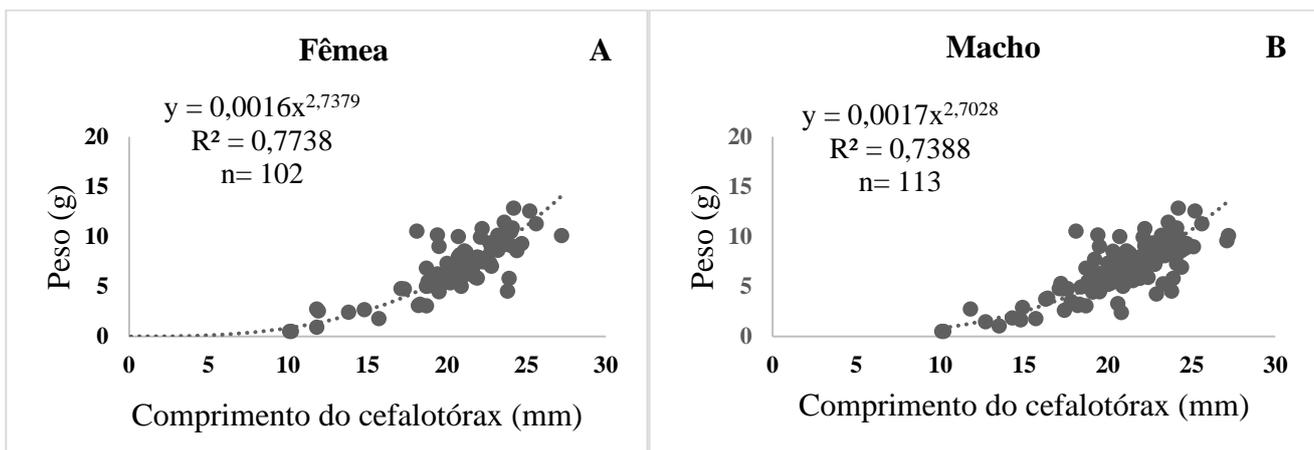


Figura 3. Relação peso-comprimento de fêmeas (A) e machos (B) de *P. edwardsii* capturados na costa de Pernambuco, entre 2014 e 2018.

O *P. edwardsii* foi capturado em 39, das 114 armadilhas de fundo lançadas (34,2% do total de armadilhas utilizadas), nos 38 lances de pesca. Embora os lances tenham ocorrido em profundidades variando entre 218 e 600 m, todos os espécimes foram

capturados entre 270 e 324 m. A CPUE média entre as estações de pesca foi de 1,76 ind. x L⁻¹, com os maiores valores tendo sido observados nos meses de junho e agosto, ambos com 6,67 ind. x L⁻¹, apesar da maior captura em número de indivíduos ter ocorrido no mês de junho (n= 80). Os meses de maio, setembro e novembro não houve captura de *P. edwardsii* apesar de ter sido utilizadas 6 armadilhas em maio e setembro, e 9 armadilhas em novembro, contudo, não houve diferença significativa da CPUE média mensal (Kruskall-Walis P= 0,433) (Figura 4).

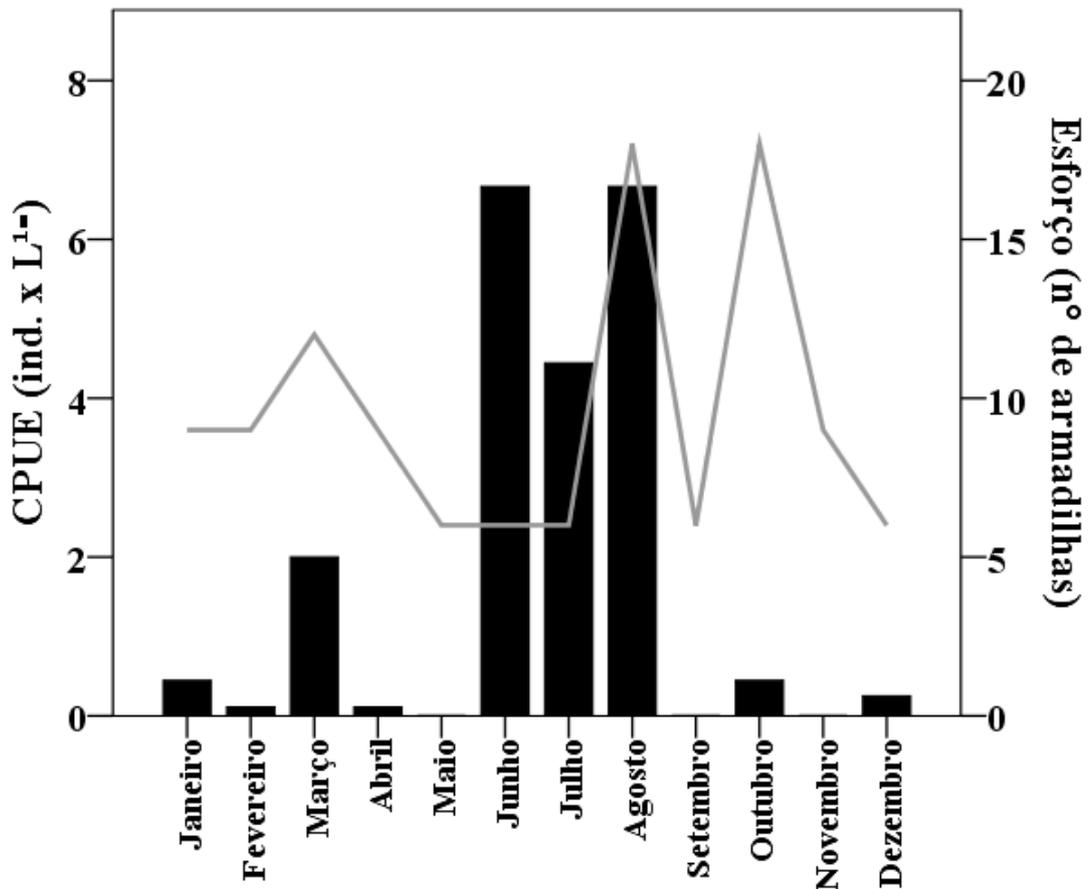


Figura 4. Captura por unidade de esforço (CPUE) e esforço de pesca de *P. edwardsii* capturado na costa do Estado de Pernambuco, entre 2014 e 2018.

Fêmeas ovígeras (n = 39) foram observadas em janeiro, março, junho, julho, agosto e dezembro, enquanto que fêmeas não ovígeras (n= 63) foram observadas nos meses de janeiro, março, junho, julho, agosto e outubro. As fêmeas que apresentaram massa de ovos aderido aos pleópodos tiveram comprimento do cefalotórax variando entre 18,1 e 27,0 mm, com média (22,5 ± 1,84 mm CC) significativamente maior do que as fêmeas não ovígeras (19,9 ± 3,11 mm CC; variando entre 10,1 e 24,4 mm CC) (Mann-Whitney P< 0,001). Diferenças significativas foram igualmente observadas entre os comprimentos

médios mensais das fêmeas não ovígeras (Kruskall-Walis $P < 0,001$), não tendo havido, contudo, diferença significativa entre as fêmeas ovígeras (Kruskall-Walis $P = 0,439$). (Figura 5).

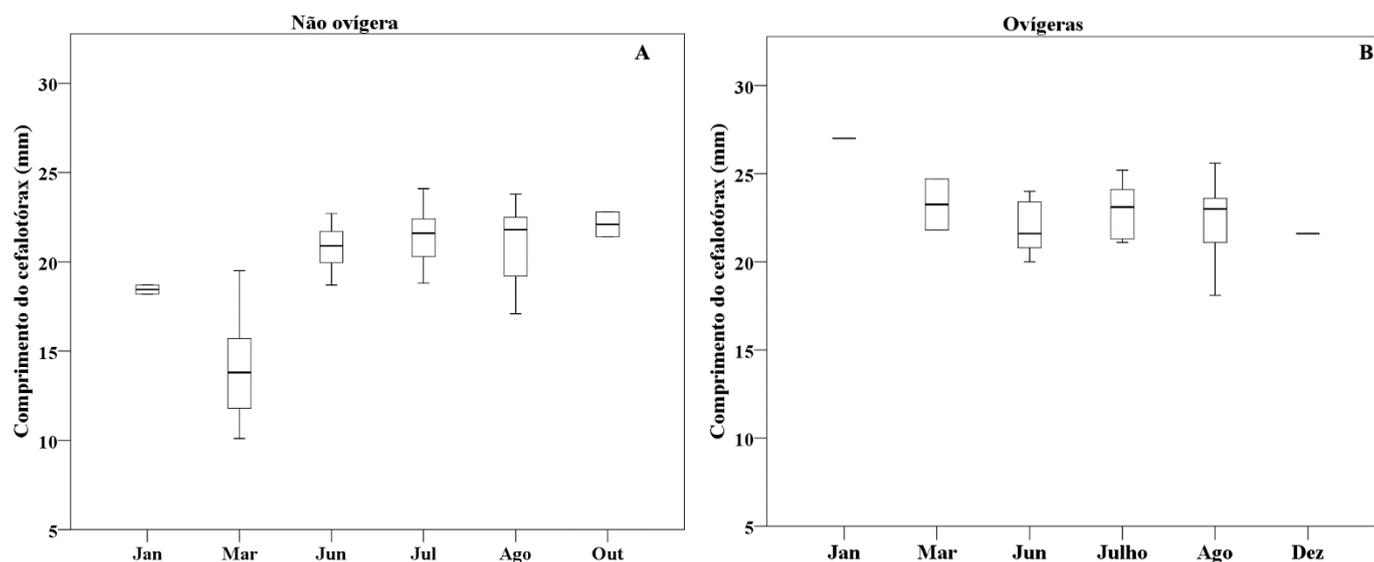


Figura 5. Frequência de distribuição do comprimento do cefalotórax (CC) de fêmeas ovígeras (A) e não ovígeras (B) por mês de captura do *P. edwardsii* no litoral pernambucano

Foi observada a presença de dois estágios de desenvolvimento gonadal: I e III. Fêmeas no primeiro estágio apresentavam ovos com grande volume de vitelo, com pouca diferenciação, enquanto os ovos das fêmeas na terceira fase apresentavam os olhos já desenvolvidos, com o vitelo ocupando um espaço menor. O maior número de fêmeas ovígeras foi observada na classe de 24 – 26 mm CC ($n = 7$). Embora tenha havido uma ampla variação no número de ovos por fêmeas de uma mesma classe de tamanho. (Tabela 2), o maior número médio de ovos foi observado nas fêmeas com maior tamanho (26,8-28,8 mm CC), e o menor número nas fêmeas entre 20,8 e 22,8 mm CC. De maneira geral, houve diferença significativa no número médio de ovos por classe de comprimento ($t\text{-test} = 7,48$, $P < 0,01$), evidenciando que quanto maior a fêmea, maior a sua capacidade de produzir e carregar ovos. Entretanto, fêmeas relativamente pequenas foram observadas com uma grande quantidade de ovos, enquanto algumas fêmeas com ~25 mm CC, apresentavam uma quantidade reduzida, sugerindo que parte da massa de ovos pode ter se desprendido dos pleópodos durante o transporte até o laboratório (Figura 6).

Tabela 2. Número médio de ovos por classes de tamanho em fêmeas ovígeras de *Plesionika edwardsii* capturadas na plataforma externa e talude continental do Estado de Pernambuco (N.M.O= número médio de ovos; DP= desvio padrão).

CC (mm)	n	%	N.M.O.	DP (±)
20 - 22	3	14,29	6254,43	3591,31
22 - 24	6	28,57	4721,65	3372,68
24 - 26	7	33,33	5970,16	3983,94
26 - 28	5	23,81	12976,94	1405,35
20 - 28	21	100	7322,336	4485,95

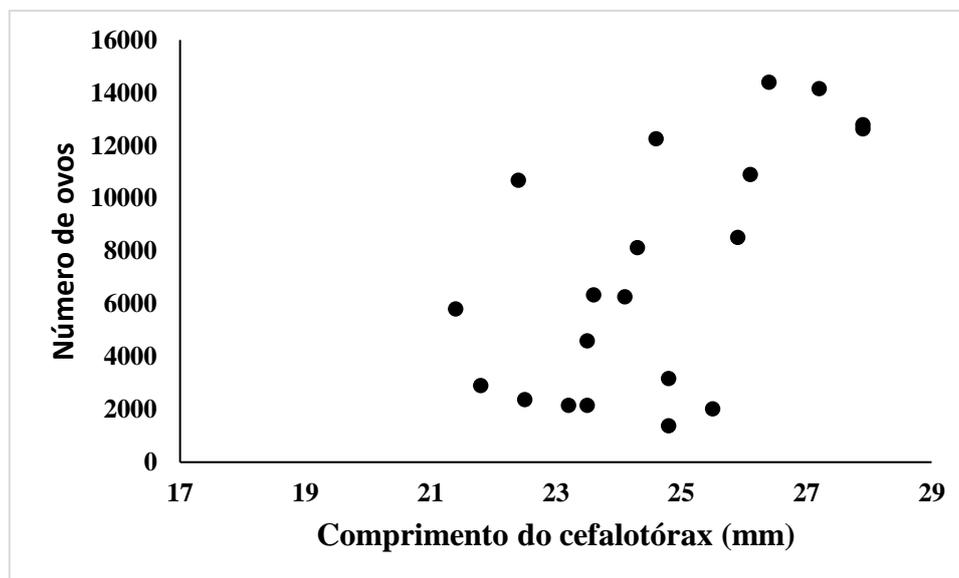


Figura 6. Relação entre o número de ovos e o comprimento do cefalotórax de fêmeas ovígeras de *Plesionika edwardsii* coletado no litoral de Pernambuco entre março de 2014 e outubro de 2018

Discussão

Desde 2014 prospeções pesqueiras em profundidades superiores a 200 m tem gerado informações valiosas a respeito da bioecologia de espécies macrobentônicas no litoral pernambucano, especialmente dos crustáceos. Durante os cruzeiros de prospecção, o camarão soldado *P. edwardsii* foi uma das espécies mais abundantes, tendo sido capturado em profundidades próximas de 300 m. Este padrão de distribuição batimétrica corrobora resultados previamente descritos (Martins & Hargreaves, 1991; González et al., 1997; Politou et al., 2005). Nos Açores, por exemplo, a espécie ocorreu dos 100 aos 600 m de profundidade, com maiores rendimentos entre 200 e 400 m (Melo et al., 2007). Em outros locais, porém, como no caso das Ilhas Canárias, a espécie é encontrada em águas bem mais rasas, desde os 54 m, embora a sua distribuição se estenda até pelo menos 468 m (Santana et al., 1997), enquanto que na costa nordeste do Brasil esta espécie é encontrada entre 100 e 500 m (Oliveira et al., 2014). A diferença na distribuição de profundidade pode estar relacionada ao comportamento reprodutivo das fêmeas, que

parecem migrar para águas mais rasas no período de eclosão (Thessalou-Legaki, 1992; Maiorano et al., 2002) realizando migrações verticais sazonais.

Oliveira et al. (2014), analisando as capturas do *P. edwardsii* na costa do nordeste do Brasil, encontraram maior predominância dos machos (59,6%), em relação às fêmeas (40,4%), enquanto que Company & Sardá (1997) relatam uma segregação entre sexos baseados na batimetria, com maior proporção de fêmeas em profundidades > 400m. No presente trabalho não houve diferenças significativas quanto ao número total de indivíduos capturados agrupados por sexo. Entretanto quando analisado por mês foi observada diferença significativa. No inverno esta espécie se concentra em águas mais profundas e ascende para regiões mais rasas durante o verão (Garcia-Rodrigues et al., 2000), situação comparável ao encontrado na costa do Estado de Pernambuco, onde os valores de comprimento do cefalotórax e peso obtiveram maiores valores entre os meses de julho a dezembro, coincidindo com o verão no Estado.

A observação de que as fêmeas são maiores que os machos para espécies de camarões pandalídeos já foi descrito para diversas localidades, como no caso da ilha Seychelles (García-Rodriguez et al., 2000), Açores (Martins & Hargreaves, 1991) e Canárias (Santana et al., 1997) e costa Nordeste do Brasil (Oliveira et al., 2014). Os valores de comprimento do cefalotórax e peso apresentados na presente pesquisa embora favorecessem as fêmeas, atingindo maiores amplitudes, não foram observadas diferenças significativas entre os sexos talvez devido a profundidade onde os indivíduos foram capturados, situados próximas a isóbata de 300 m.

Os coeficientes alométricos das relações peso/comprimento inferiores a 3, tanto para machos como para fêmeas, encontrados no presente estudo, coincidem com os valores reportados por diversos outros autores (Santana et al., 1997; García-Rodriguez et al., 2000; Melo et al., 2007; e Oliveira et al., 2014), embora Colloca (2002) tenha encontrado um crescimento isométrico para fêmeas na época reprodutiva, no Mediterrâneo Central. Apesar do *P. edwardsii* estar associado ao fundo, é um predador ativo especializado, que se alimenta essencialmente de presas macro-planctônicas logo a alometria negativa observada neste estudo parece sugerir uma maior mobilidade, que poderá ser vantajosa durante a predação.

A fecundidade para os crustáceos é definida com base no número de ovos postos por desova e que são encontrados fixados ao 5º par de pleópodo, podendo ou não terem sido fecundados (Company & Sardá, 1997; Chilari et al., 2005; Possenti et al., 2007; Chakraborty et al., 2014; Anastasopoulou et al., 2017). A presença de fêmeas ovígeras ao

logo do ano confirma uma reprodução contínua para espécies de *P. edwardsii* (Company & Sardá, 2000) e para outras espécies de camarões pandalídeos (*P. narval* Arcuelo & Lo Brutto, 2011; Sousa et al., 2014; Anastasopoulou et al., 2017; *P. martia* Maiorano et al., 2002). Entretanto o maior número de fêmeas ovígeras nos meses de junho a agosto sugere que este seja o principal período de desova da espécie na costa pernambucana. A menor fêmea ovígera, com comprimento do cefalotórax de 18,1 mm, indica que fêmeas de *P. edwardsii* >18,0 mm CC já podem contribuir para reprodução.

Para algumas espécies de Carídeos típicos de águas continentais, a fase de desenvolvimento larval ocorre dentro do ovo, caracterizando processos de morfogênese e organogênese, padrão semelhante ao observado em *P. edwardsii* (Company & Sardà, 1997; Garcia-Rodrigues et al., 2000; Possenti et al., 2007). O tamanho dos ovos dos invertebrados aquáticos reflete o investimento feito pela fêmea em cada embrião, com as fêmeas menores desovando evidentemente um menor número de ovos, por apresentarem um ovário menor e um espaço no abdome para a incubação dos mesmos mais reduzido. Mesmo outras espécies do gênero *Plesionika* apresentam esta característica, como por exemplo o *P. martia* (Maiorano et al., 2002).

No Brasil, muito pouco ainda se conhece sobre a biologia de camarões de profundidade, incluindo o gênero *Plesionika*. Este interesse, porém, tende a aumentar com o esgotamento de recursos tradicionais, o que deverá motivar a expansão das fronteiras da pesca rumo a águas mais profundas. É necessário, portanto, se expandir os esforços de pesquisa para além da plataforma continental, no intuito de gerar as informações necessárias para assegurar uma exploração responsável desses recursos, assegurando a sua conservação e a sustentabilidade de futuras pescarias que possam incidir diretamente sobre os mesmos.

Referências

- Anastasopoulou, A.; Makantasi, P.; Kapisir, K.; Smith, C.J.; Maravelias, C. & Kalogirou, S. 2017. Reproductive biology of *Plesionika narval* in the SE Aegean Sea (Eastern Mediterranean). **Medit. Mar. Sci.** 18(3): 454-467.
- Arana, P.; Perez, J.A.A.; Pezzuto, P.R. 2009. Deep-sea fisheries off Latin America: an introduction. **Lat. Am. J. Aquat. Res.**, 37(3): 281-284
- Arana, P.M.; Wehrtmann, I.S.; Orellana, J.C.; Nielsen-Muñoz, V. & Villalobos-Rojas, F. 2013. By-catch associated with fisheries of *Heterocarpus vicarious* (Costa Rica) and *Heterocarpus reidi* (Chile) (Decapoda: Pandalidae): A six-year study (2004-2009). **Journal of Crustacean Biology** 33(2): 198-209

- Arcuelo, M. & Lo Brutto, S. 2011. Growth and reproduction data of *Plesionika narval* (Decapoda, Caridea, Pandalidae) off the island of Ustica (Southern Tyrrhenian Sea). **Crustaceana** 84(11): 1367-1375.
- Cabral, E.; Ramos-Porto, M.; Santos, M.C.F.; Acioli, F.D.; Torres, M.F.A. & Viana, G.F.S. 2000. Shrimps collected in the Northeast of Brazil during the REVIZEE Program (Decapoda: Caridea). **Nauplius** 8(2): 245-248
- Cartes, J. E.; Abelló, P.; Lloris, D. Carbonell, A.; Torres, P.; Maynou, F. & Gil de Sola, L. 2002. Feeding guilds of western Mediterranean demersal fish and crustaceans: an analysis on a spring survey. **Scientia Marina**, 66(2): 209-220.
- Chace JR., F.A. 1985 The caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) of the Albatross Philippine Expedition, 1907-1910: part 3: Families Thalassocarididae and Pandalidae. **Smithsonian Contributions to Zoology**, 411: 1-143.
- Chakraborty, R.D.; Nandakumar, G.; Maheswarudu, G.; Chellapan, K.; Sajeev, C.K.; Purushothaman, P. & Kuberan, G. 2014. Fishery and biology of *Plesionika quasigrandis* Chace, 1985 off Sakthikulangara, south-west coast of India. **Indian J. Fish.** 61(4): 10-17.
- Chilari, A.; Thessalou-Legaki, M. & Petrakis, G. 2005. Population structure and reproduction of the deep-water shrimp *Plesionika martia* (Decapoda: Pandalidae) from the eastern Ionian sea. **J. Crust. Biol.** 25(2): 233-241.
- Company, J.B. & Sardà, F. 1997. Reproductive patterns and population characteristics in five deep-water pandalid shrimps in the Western Mediterranean along a depth gradient (150-1100 m). **Mar. Ecol. Progr. Series** 148: 49-58
- Crosnier, A. & Forest, J. 1973. Les crevettes profondes de l'Atlantique Oriental tropical. **Faune Tropicale**, 19: 1-409.
- Dallagnolo, R.; Perez, J.A.A.; Pezzuto, P.R. & Wahrlich, R. 2009. The deep-sea shrimp fishery off Brazil (Decapoda: Aristeidae): development and present status. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 37(3): 327-346
- Fransen, C.H.J.M. 1991. Preliminary report on crustacea collected in eastern part of North Atlantic during CANCAP and Mauritania expeditions of the former Rijksmuseum Natuurhistorisch Museum: vi +200pp
- García-Rodríguez, M.A.; Esteban, J.L. & Perez, G. 2000. Considerations on the biology of *Plesionika edwardsi* (Brandt, 1851) (Decapoda, Caridea, Pandalidae) from experimental trap catches in the Spanish western Mediterranean Sea. **Scientia Marina**, 64(4): 369-379.
- González, J., Tuset, V., Lozano, I. & Santana, J. 1997. Biology of *Plesionika narval* (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) around the Canary Islands (Eastern Central Atlantic). **Est. Coast. Shelf Sci.**, 44: 339-350.
- Haimovici, M. 1998. Present state and perspectives for the southern Brazil shelf demersal fisheries. **Fisheries Management and Ecology**, 5: 277-289.
- Holthuis, L.B. 1980. FAO species catalogue. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis, Leiden, Holanda, v.1. 261p.

- Maiorano, P.; D'Onghia, G.; Capezzuto, F. & Sion, L. 2002. Life-history of *Plesionika martia* (Decapoda: caridea) from the eastern-central Mediterranean Sea. **Mar. Biol.** 141: 527-539
- Martins, H.R. & Hargreaves, P. M. 1991. Shrimps of the Families Pandalidae and Hippolytidae (Crustacea: Decapoda) caught in benthic traps off the Azores. Arquipélago. **Life and Earth Sciences**, 9: 47-61.
- MELO, E.B. 2007. Dissertação. Biologia e Abundância do Camarão *Plesionika edwardsii* (Brandt, 1851) nos Açores. 51-87.
- Oliveira, V.S.; Ramos-Porto, M.; Santos, F.C.M.; Hazin, F.H.V.; Cabral, E. & Aciole, D.F. 2014. Características biométricas, distribuição e abundância relativa do camarão *Plesionika edwardsii* na costa nordeste do Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, 40(2): 215 – 222
- Perez, J.A.A.; Pezzuto, P.R.; Wahrlich, R. & Soares, A.L. S. 2009. Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. **Lat. Am. J. Aquat. Res.**, 37(3): 513 – 541
- Pezzuto, P.R.; Perez, J.A.A. & Wahrlich, R. 2006. O Ordenamento das Pescarias de Caranguejos-de-Profundidade (*Chaceon* spp.) (Decapoda: Geryonidae) no Sul do Brasil. **B. Inst. Pesca**, 32(2): 229 – 247
- Politou, C.-Y.; Maionaro, P.; D'Onghia G. & Mytilimeou C. 2005. Deep-water decapod crustacean fauna of the Eastern. Ionian Sea. **Belg. J. Zool.**, 135 (2): 235-241.
- Possenti, E.; Sartor P. & De Ranieri, S. 2007. Reproductive biology of females of *Plesionika edwardsii* (Brandt, 1851) (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) in the northern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). **Atti Della Soc. Toscana di Sci. Nat.** 114: 91 – 98
- Santana, J.I.; Gonzalez, J.A.; Lozano, I.J. & Tuset, V.M. 1997. Life history of *Plesionika edwardsii* (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) around the Canary Islands, Eastern Central Atlantic. **South African Journal of Marine Science**, 18: 39 – 48
- Serejo, C.S.; Young, P.S.; Cardoso, I.C.; Tavares, C.; Rodrigués, C. & Almeida, T.C. 2007. Abundância, diversidade e zonação dos crustáceos no talude da costa central do Brasil (11° - 22° S) coletados pelo Programa REVIZEE/Score Central: Prospecção pesqueira. In: Costa, P.A.S.; Olavo, G.; Martins, A.S. (Eds.) Biodiversidade da fauna marinha profunda na costa central brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p. 133-162
- Sousa, R.; Henriques, P.; Biscoito, M.; Pinto, A.R.; Delgado, J.; Dellinger, T.; Gouveia, L. & Pinho, M.R. 2014. Considerations on the biology of *Plesionika narval* (fabricius, 1787) in the Northeastern Atlantic. **Turk. J. Fish. Aquat. Sci.** 14: 727-737.
- Tavares, C. R. & Serejo, C. S. 2007. Taxonomy of Aristeidae (Dendrobranchiata: Penaeoidea) from the central coast of Brazil, collected by the Revizee program, between 19° and 22°S. **Zootaxa**, 1585:1 – 44
- Thessalou-Legaki, M. 1992. Allometric growth of male secondary sexual characters and dioecy in *Parapandalus narval* (Decapoda: Pandalidae). **J. Crust. Biol.**, 9: 595 – 600

Considerações finais

O conhecimento sobre comunidades bentônicas marinhas de profundidade ampliou-se significativamente a partir deste século. O avanço tecnológico, permitindo a utilização de materiais mais resistentes durante as prospecções, e o aumento do número de pesquisadores no âmbito de institutos de pesquisa, universidades e órgãos governamentais potencializaram o interesse no estudo desses animais. Compilações faunísticas, descrições de espécies e numerosos estudos sobre os mais variados aspectos da biologia das espécies bentônicas de águas profundas em todo o mundo, incluindo os crustáceos, têm sido realizados desde então. Em paralelo e no mesmo passo tem avançado também a pesca comercial desses animais. Face ao crescente impacto negativo das pescarias de média e larga escala sobre as populações demersais de profundidade, a produção de conhecimento científico sobre os seus parâmetros biológicos tem crescido, assim como a mobilização da sociedade e a conseqüente pressão sobre órgãos governamentais para a elaboração de políticas públicas visando a reverter o quadro de ameaça sobre a macrofauna bentônica de profundidade.

As práticas tradicionais de gestão pesqueira não têm conseguido historicamente proteger os estoques e os ecossistemas nos quais os mesmos se encontram inseridos, sendo fundamental, portanto, que o processo de gestão das pescarias passe do foco em uma só espécie para uma abordagem ecossistêmica da pesca (Hilborn, 2011). O código de conduta para a pesca responsável, da FAO (FAO, 1995), reconhece amplamente a importância das informações científicas, bem como do conhecimento tradicional dos recursos e seus habitats para orientar as decisões sobre a conservação e gestão da pesca. No entanto, nos países em desenvolvimento, ainda perdura uma carência aguda de pesquisas sobre estoques e ecossistemas profundos, necessárias para que se possa construir uma abordagem ecossistêmica da gestão pesqueira. Além disso, espécies de profundidade são geralmente muito mais pobres em dados do que as costeiras, com a maioria das informações se restringindo a registros taxonômicos. Diante desse quadro, e mantendo-se a tendência de incremento do número de pesquisadores e recursos humanos em nível de pós-graduação, espera-se que também aumente proporcionalmente o número de grupos de pesquisa voltados a essas espécies e ecossistemas.

A necessidade de ampliação e melhoramento da infraestrutura institucional é, no entanto, condição essencial para o progresso científico nessa área, incluindo equipamentos de laboratório, coleções biológicas, embarcações modernas e meios subaquáticos para pesquisa. A produção de catálogos e guias de identificação de espécies

de águas profundas é uma das estratégias importantes para orientar os estudos sobre o tema, representando literatura fundamental para informar, formar, estimular e multiplicar o entusiasmo e interesse no estudo dessa fauna.

Na costa brasileira, tem sido crescente o número de pesquisas sobre o ambiente profundo, com destaque para os trabalhos publicados durante o programa REVIZEE na primeira metade da década de 2000, os quais contribuíram de maneira significativa para avanço do conhecimento acerca das populações marinhas de profundidade. Apesar da desatualização natural que um trabalho dessa natureza sofre ao longo dos anos, essa publicação ainda se mantém como uma das principais referências para os pesquisadores e estudantes da área. Na costa nordeste do Brasil, a maioria dos trabalhos publicados versam sobre a distribuição e aspectos taxonômicos das espécies de águas profundas, existindo, ainda, uma grande carência sobre aspectos bioecológicos da comunidade bentônica de profundidade, o que pode ser atestado pela presente Tese, já que das 12 espécies analisadas, seis são novas ocorrências para o Estado de Pernambuco, entre as quais *Paguristes inconstans* é o primeiro registro para o Atlântico Sul, estando essa espécie anteriormente restrita ao mar caribenho.

Entre as espécies aqui analisadas, o isópode gigante de profundidade, *Bathynomus miyarei*, apesar de constituir uma espécie endêmica para o Brasil, até então não havia ainda trabalhos descrevendo aspectos básicos da sua biologia. De maneira geral, o gênero *Bathynomus* possui 20 espécies descritas, as quais desempenham um papel fundamental na ciclagem da matéria orgânica proveniente das camadas superiores da coluna d'água, atuando como limpadores de carcaças e servindo de alimento para outras espécies, tornando o estudo deste gênero essencial para o melhor entendimento do funcionamento da teia trófica das comunidades demersais de profundidade.

A espécie mais abundante durante as prospecções em águas profundas na costa pernambucana foi o camarão soldado *Plesionika edwardsii*, espécie com grande potencial pesqueiro, porém ainda não desenvolvido na região de estudo, possivelmente em razão do custo de operação para exploração do(s) seu(s) estoque(s). Outras espécies do mesmo gênero são comuns em pescarias, especialmente no Mediterrâneo (*P. narval*), sustentando uma grande cadeia produtiva (Anastasopoulou et al., 2017), e no sudoeste da Índia com o *P. quasigrandis* com rendimento anual de cerca de 2400 t (Chakraborty et al., 2014).

Finalmente, nosso estudo destaca a importância e a necessidade de evidências científicas para apoiar as medidas de gestão dos recursos pesqueiros bem como ampliar o entendimento acerca da bioecologia das espécies de crustáceos de águas profundas que

habitam a costa nordeste, em especial o litoral pernambucano. Conclui-se que é necessário continuar aprofundando a investigação e o fortalecimento dos grupos de pesquisa, uma vez que poderiam se tornar uma ferramenta valiosa em prol da conservação e da gestão sustentável dos recursos pesqueiros de águas profundas.