



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal – UFRGS

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

HARRY BOOS JUNIOR

BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE
***Chaceon ramosae* (DECAPODA: GERYONIDAE),**
***Bathynomus giganteus* E *B. miyarei* (ISOPODA: CIROLANIDAE)**
NO TALUDE CONTINENTAL DO SUDESTE E SUL DO BRASIL

PORTO ALEGRE
2017

HARRY BOOS JUNIOR

BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE
***Chaceon ramosae* (DECAPODA: GERYONIDAE),**
***Bathynomus giganteus* E *B. miyarei* (ISOPODA: CIROLANIDAE)**
NO TALUDE CONTINENTAL DO SUDESTE E SUL DO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Biologia Animal.

Área de concentração: Biodiversidade

Linha de pesquisa: Manejo e Conservação

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Paula Beatriz Araujo

PORTO ALEGRE

2017

HARRY BOOS JUNIOR

BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE
***Chaceon ramosae* (DECAPODA: GERYONIDAE),**
***Bathynomus giganteus* E *B. miyarei* (ISOPODA: CIROLANIDAE)**
NO TALUDE CONTINENTAL DO SUDESTE E SUL DO BRASIL

Aprovada em 28 de setembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

Dr. Luciano Gomes Fischer

Dr^a. Camila Timm Wood

*Somewhere beyond the sea
Somewhere waiting for me
My lover stands on golden sands
And watches the ships that go sailin...*

Bobby Darin

*Para Karin e Henry,
com todo o amor que se pode sentir!*

AGRADECIMENTOS

Esta tese foi desenvolvida com base em parte dos dados obtidos no projeto *Monitoramento da biodiversidade marinha no Sul do Brasil: subsídios à conservação de espécies ameaçadas e ao manejo de Unidades de Conservação* (MOBIO), realizado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul (CEPSUL/ICMBio). Este projeto foi financiado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio/MMA, como parte da ação *Avaliação, Monitoramento e Conservação da Biodiversidade Marinha* (REVIMAR), coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente junto à Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM).

O projeto MOBIO contou com a dedicação de vários colegas do CEPSUL, em especial: Roberta Aguiar dos Santos, Felipe Farias Albanez, Ademar Pedro de Souza, Jorge Eduardo Kotas, Luiz Fernando Rodrigues e Elisabeth Michelletti, além da tripulação do NPq. Soloney Moura, chefiada por Dalmo Adolfo Ladwig. A todos o meu muito obrigado!

Gostaria de agradecer, também, a todos que tornaram possível não apenas esta tese, mas toda minha formação até o doutorado em Biologia Animal:

- Aos meus pais, Harry e Maria Júlia Boos, que me levaram para visitar uma feira de ciências e quando eu tinha 12 anos me presentearam com o microscópio que agora pertence ao meu filho. Na caixa está escrito “*Hoje um hobby, amanhã uma profissão*”.

- A todos os professores ou orientadores sem os quais nada seria possível, desde a primeira professora, Tânia Maria Boos da Cunha, minha irmã, que me alfabetizou, até a mais recente, Paula Beatriz Araujo, que aceitou ser minha orientadora e cujo apoio foi fundamental.

- A todos os amigos, desde a escola básica, que tornaram esta jornada a mais prazerosa possível.

Muito obrigado!



SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	1
Resumo.....	5
Abstract.....	6
1. Introdução.....	7
1.1 O ambiente de águas profundas.....	7
1.2 O conhecimento atual sobre o mar profundo.....	7
1.3 Caranguejos gerionídeos.....	8
1.4 Isópodos gigantes de profundidade.....	9
1.5 Pescarias de caranguejos de profundidade no Brasil.....	11
1.6 Ameaças às espécies de águas profundas.....	12
1.7 Conservação de espécies de profundidade.....	15
2. Objetivo geral.....	17
Objetivos específicos.....	17
3. Materiais e Métodos.....	19
3.1 Área de estudo.....	19
3.2 Amostragem.....	21
3.3 Tratamento das amostras.....	24
3.3.1 Identificação.....	24

3.3.2	Biometria e Sexagem.....	24
3.3.3	Tombamento em coleção.....	28
3.4	Análise dos dados.....	28
3.4.1	Abundância sazonal, latitudinal e batimétrica.....	28
3.4.2	Proporção sexual e período reprodutivo.....	30
3.4.3	Maturidade sexual.....	30
3.4.4	Crescimento e longevidade de <i>B. giganteus</i> e <i>B. miyarei</i>	30
3.5	Avaliação do risco de extinção.....	32

4. Resultados e Discussão

4.1	Abundância e distribuição do caranguejo de profundidade <i>Chaceon ramosae</i> (Decapoda: Geryonidae) no Sul do Brasil: Contribuição ao ordenamento pesqueiro.....	35
4.1.1	Abundância sazonal, latitudinal e batimétrica.....	35
4.1.2	Proporção sexual e período reprodutivo.....	42
4.1.3	Maturidade sexual.....	44
4.1.4	Avaliação do ordenamento pesqueiro.....	46
4.2	Abundância, distribuição e crescimento de <i>Bathynomus giganteus</i> e <i>B. miyarei</i> (Isopoda: Cirolanidae) no Sul do Brasil.....	49
4.2.1	Abundância sazonal, latitudinal e batimétrica.....	49
4.2.2	Proporção sexual e período reprodutivo.....	61
4.2.3	Maturidade sexual.....	64
4.2.4	Tamanho, crescimento e longevidade.....	65
4.3	Avaliação do risco de extinção de <i>Bathynomus giganteus</i> e <i>B. miyarei</i> (Isopoda: Cirolanidae) no Brasil.....	75
4.3.1	Tendência populacional.....	75
4.3.2	Distribuição.....	76
4.3.3	Habitat e ecologia.....	79
4.3.4	Usos.....	79

4.3.5 Ameaças.....	79
4.3.6 Ações de conservação.....	81
4.3.7 Presença das espécies em unidades de conservação.....	82
4.3.8 Pesquisas necessárias.....	82
4.3.9 Categorias, critérios e justificativas.....	82
5. Discussão geral e conclusões.....	83
6. Referências Bibliográficas.....	87
Anexo I: Produção científica sobre o mar profundo de 1987 até 2016.....	101
Anexo II: Tabela com as datas, lances, profundidade, latitude e longitude de lançamento das armadilhas, setor latitudinal correspondente e duração de cada lance.....	109
Anexo III Manuscrito submetido a <i>Latin American Journal of Aquatic Research - LAJAR: Abundance and distribution of the deep-sea crab <u>Chaceon ramosae</u> (Decapoda: Geryonidae) in the South of Brazil: Contribution to the fishing regulation.....</i>	111

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área amostrada em 2009 (inverno, primavera) e 2010 (verão, outono, inverno) a bordo do NPq. Soloncy Moura. Os círculos indicam as estações de amostragem e os retângulos os setores latitudinais: A - Norte (26°14' - 26°18'S), B - Norte-central (26°50' - 26°51'S), C - Central (27°15' - 27°46'S), D - Sul-central (28°31' - 28°45'S), E - Sul (29°03' - 29°05'S).....20
- Figura 2: Navio de Pesquisa (NPq.) Soloncy Moura - CEPSUL/ICMBio (Foto: Acervo CEPSUL/ICMBio).....21
- Figura 3: A - Linha madre com 4 covos no momento do lançamento; B - Covo com isca antes do lançamento; C - Recolhimento dos covos; D - Covo com animais capturados após o recolhimento (Fotos: Acervo CEPSUL/ICMBio).....23
- Figura 4: *C. ramosae* A - Largura da carapaça (LC) (barra = 10 cm); B - Macho com indicação (círculos) das marcas de cópula (barra = 5 cm); C - Fêmea ovígera; D - Fêmea com vulva fechada (barra = 1 cm); E - Fêmea com vulva aberta (barra = 1 cm) (Fotos: Acervo CEPSUL/ICMBio).....25
- Figura 5: *B. giganteus* A - Comprimento total (Ct) (barra = 10 cm); B - Macho com a indicação (círculos) da papila genital (1) e do apêndice masculino (2); C - Fêmea com a indicação dos oostegitos funcionais; D - Fêmea com a indicação do oostegito rudimentar (Fotos: Acervo CEPSUL/ICMBio).....27
- Figura 6: Categorias de risco de extinção (Imagem adaptada a partir de IUCN, 2017).....33
- Figura 7: *C. ramosae* - Captura por unidade de esforço (ind. 6 h⁻¹) por estação (A – inverno/09, B – primavera, C – verão, D – outono, E – inverno/10) na estações de amostragem durante os cruzeiros de pesquisa realizados pelo NPq. Soloncy Moura/CEPSUL.....36
- Figura 8: *C. ramosae* - Captura por unidade de esforço (CPUE ind. 6 h⁻¹) em cada setor latitudinal (Norte - 26°14'-26°18'S, Norte-central - 26°50'-26°51'S, Central - 27°15'-27°46'S, Sul-central - 28°31'-28°45'S e Sul.....37
- Figura 9: *C. ramosae* - Captura por unidade de esforço (CPUE ind. 6 h-1) em cada estação climática amostrada.....37
- Figura 10: *C. ramosae* - Captura por unidade de esforço (CPUE ind. 6 h-1) ao longo do gradiente batimétrico amostrado.....39

- Figura 11: *C. ramosae* - Análise de agrupamento (UPGMA) de machos com e sem marca de cópula, fêmeas com vulva aberta ou fechada, e fêmeas ovígeras de *C. ramosae* no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010).....40
- Figura 12: *C. ramosae* - Diagrama de ordenação (PCA) dos dados de abundância de machos com e sem marca de cópula, fêmeas com vulva aberta ou fechada, e fêmeas ovígeras de *C. ramosae* no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010). Eixo 1 e 2 representam 78,66% da variação total.....41
- Figura 13: *C. ramosae* - Relação entre a largura (mm) da carapaça das fêmeas (n = 67) e a profundidade (F = 31,3967; p < 0,0001). Indicação da equação linear que descreve os pontos empíricos e o coeficiente de correlação de Pearson (r) correspondente.....42
- Figura 14: *C. ramosae* - Frequência acumulada de fêmeas maduras (com vulva aberta ou ovígera) por classe de largura da carapaça. O L50 estimado é de 120 mm.....45
- Figura 15: *C. ramosae* - Frequência acumulada de machos maduros (com marcas de cópula) por classe de largura da carapaça. O L50 estimado é de 140 mm.....46
- Figura 16: *Bathynomus giganteus* - Porcentagem de manca, juvenis, machos e fêmeas em cada estação climática (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010).....51
- Figura 17: *Bathynomus miyarei* - Porcentagem de manca, juvenis, machos e fêmeas em cada estação climática (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010). Não foram coletadas fêmeas maduras e nenhum espécime foi capturado no inverno de 2010.....52
- Figura 18: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Porcentagem em cada estação climática (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010).....53

- Figura 19: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Porcentagem em cada setor latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S).....54
- Figura 20: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Porcentagem em cada faixa batimétrica.....55
- Figura 21: *B. giganteus* - Análise de agrupamento (UPGMA) de manchas, juvenis, machos imaturos, machos maduros, fêmeas imaturas e fêmeas maduras no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010).....57
- Figura 22: *B. miyarei* - Análise de agrupamento (UPGMA) de manchas, juvenis, machos imaturos, machos maduros e fêmeas imaturas no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010).....58
- Figura 23: *B. giganteus* - Diagrama de ordenação (PCA) dos dados de abundância de manchas, juvenis, machos e fêmeas no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010). Eixo 1 e 2 representam 74,93% da variação total.....59
- Figura 24: *B. miyarei* - Diagrama de ordenação (PCA) dos dados de abundância de manchas, juvenis, machos imaturos, machos maduros e fêmeas imaturas no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010).....60
- Figura 25: *B. giganteus* e *B. miyarei* - Comprimento total médio, mínimos e máximos de *B. giganteus* (quadrados pretos) e *B. miyarei* (quadrados brancos): A - mancha (média = 66 mm), B – mancha (46 mm), C - juvenil (80,5 mm), D - juvenil (56 mm), E - macho imaturo (172 mm), F - macho imaturo (126 mm), G - fêmea imaturo (160 mm), H - fêmea imatura (110 mm), I - macho maduro (340 mm), J - macho maduro (227 mm). K - fêmea madura (280 mm). Não foram capturadas fêmeas maduras da espécie *B. miyarei*.....66

LISTA DE FIGURAS

Figura 26: <i>B. giganteus</i> - histogramas sazonais de distribuição dos machos (A) e fêmeas (B) em classes de tamanho (20 mm).....	67
Figura 27: <i>B. miyarei</i> - histogramas sazonais de distribuição dos machos (A) e fêmeas (B) em classes de tamanho (20 mm).....	68
Figura 28: <i>B. giganteus</i> - Curva de crescimento para os machos segundo o modelo de von Bertalanffy.....	69
Figura 29: <i>B. giganteus</i> - Curva de crescimento para as fêmeas segundo o modelo de von Bertalanffy.....	70
Figura 30: <i>B. miyarei</i> - Curva de crescimento para os machos segundo o modelo de von Bertalanffy.....	71
Figura 31: <i>B. miyarei</i> - Curva de crescimento para as fêmeas segundo o modelo de von Bertalanffy.....	72
Figura 32: <i>B. giganteus</i> - Estimativa da mortalidade total dos machos baseada nos dados de captura total e curva de captura linearizada.....	75
Figura 33: <i>B. giganteus</i> - Estimativa da mortalidade total das fêmeas baseada nos dados de captura total e curva de captura linearizada.....	76
Figura 34: <i>B. giganteus</i> - Distribuição adjacente à costa brasileira.....	77
Figura 35: <i>B. miyarei</i> - Distribuição conhecida.....	78

RESUMO

Este estudo teve por objetivo compreender aspectos da biologia e distribuição dos crustáceos marinhos de profundidade: *Chaceon ramosae* para analisar parte de seu ordenamento pesqueiro, *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* para avaliar seu risco de extinção. Para isso, foram realizados 5 cruzeiros de pesquisa em 2009 (inverno, primavera) e 2010 (verão, outono, inverno) a bordo do NPq. Soloncy Moura/CEPSUL, totalizando 32 lances de armadilhas circulares (covos) com linhas madres com 4 unidades, com 265 horas de esforço amostral. As estações de coleta foram distribuídas ao longo do talude continental entre 400 a 1000 m de profundidade, na área compreendida entre 26° e 29° S. A maior CPUE de *C. ramosae* foi registrada ao sul do Cabo de Santa Marta Grande (29°19'S), sendo observada para *C. ramosae*, *B. miyarei* e *B. giganteus* a tendência de animais maiores e maduros sexualmente em regiões menos profundas. A profundidade é a variável ambiental que mais influencia a distribuição das diferentes categorias (machos, fêmeas, imaturos) destes animais. Ocorre estratificação batimétrica entre *B. giganteus*, dominante entre 600 e 1000 m, e *B. miyarei*, maioria entre 400 e 600 m de profundidade. A maturidade sexual de *C. ramosae* foi estimada em 140 mm para os machos e 120 mm para as fêmeas. Para *B. giganteus* foi estimada para os machos em 340-345 mm e para as fêmeas entre 280-290 mm, acontecendo, em média, por volta do 2.º ano de vida. Já para os machos da espécie *B. miyarei* foi estimada a maturidade para a classe de 225-230 mm, com idade de aproximadamente 3 anos. Os machos, tanto de *C. ramosae* como de *Bathynomus* spp., atingem a maturidade sexual antes que as fêmeas, sendo o tamanho médio de *B. giganteus* superior ao de *B. miyarei* em todos os grupos etários. As fêmeas ovíferas de *C. ramosae* foram capturadas somente no outono e inverno, o que indica um padrão reprodutivo sazonal na região. Em *B. giganteus* é provável que a reprodução ocorra durante todo o ano. A longevidade dos machos de *B. giganteus* foi estimada em aproximadamente 6 anos e das fêmeas em 7,7 anos. A longevidade de *B. miyarei* foi estimada em 9 anos para os machos e 6 anos para as fêmeas. Embora ocorram na mesma região, tanto latitudinal como batimétrica, *C. ramosae* e *Bathynomus* spp., possuem características biológicas distintas que determinam seu modo de vida e influenciam suas estratégias reprodutivas. Nossos resultados confirmam a necessidade da proibição da captura de *C. ramosae* em áreas com profundidade inferior à 500 m. Na avaliação do risco de extinção de *B. miyarei* e *B. giganteus*, só foi possível estimar as mortes provocadas pela frota de emalhe de fundo dirigida ao peixe-sapo sediada em Santa Catarina, entre 2000 e 2015, responsável por mais de 200 mil *B. miyarei* mortos. Pela falta de informações que permitam estimar adequadamente os impactos causados pelas pescarias de profundidade sobre a população de *B. miyarei*, a espécie foi categorizada como “Dados Insuficientes” (DD). Já *B. giganteus*, que possui maior distribuição latitudinal e batimétrica, foi considerada como “Menos Preocupante” (LC). Embora sofram ameaças diretas, tanto da captura como espécie-alvo ou como bycatch, *C. ramosae*, *B. miyarei* e *B. giganteus*, e as demais espécies de crustáceos de águas profundas avaliadas até agora no Brasil, ainda não foram consideradas ameaçadas de extinção. Contudo, são necessários esforços para quantificar a biomassa capturada anualmente como bycatch. Também são necessários novos cruzeiros de pesquisa que contribuam para o conhecimento de suas abundâncias e distribuições, informações fundamentais para o manejo e conservação destas espécies.

Palavras-chave: Águas profundas; caranguejo de profundidade; isópodo gigante; conservação; pesca; Atlântico Sul Ocidental.

ABSTRACT

Biology and conservation of *Chaceon ramosae* (Decapoda: Geryonidae),
Bathynomus giganteus and *B. miyarei* (Isopoda: Cirolanidae)
along the southeastern and south Brazilian continental slope

The aim of the study was to comprehend the biological and distributional aspects of three deep sea crustaceans: *Chaceon ramosae*, in order to analyze its current fishing management, *Bathynomus giganteus* and *B. miyarei* in order to assess their extinction risk. The study was undertaken during 5 cruises on board the R/V Soloncy Moura/CEPSUL, in the winter and spring of 2009 and in the summer, autumn and winter of 2010. The sampling comprised 32 fishing hauls with four pots per main line, totalizing 265 hours of effort. The sampling stations were distributed along the continental slope, between 26° e 29°S at 400 and 1000m depth. The highest CPUE (catch per unit effort) of *C. ramosae* was registered south of Santa Marta Grande Cape (29°19'S). Furthermore, it was observed larger, sexually mature individuals of *C. ramosae*, *B. miyarei* and *B. giganteus* mainly in shallower regions (400-600 m). Depth was the most important environmental factor to explaining the distribution of the different categories (gender and sexual maturity) of these animals. Bathymetric stratification occurs to *B. giganteus*, predominant between 600 and 1000 m, and *B. miyarei*, between 400 and 600 m. The size at onset of maturity of *C. ramosae* was estimated at 140 mm and 120 mm for males and females, respectively. *B. giganteus* matured at 340-345 mm for males and 280-290 mm for females, reaching the maturity approximately at 2 years of age. Males of *B. miyarei* matured at 225-230 mm, and by age 3. Males of *C. ramosae* and *Bathynomus* spp., reach the sexual maturity before females, and the average total length of *B. giganteus* is higher than *B. miyarei* for all age groups. Oviparous females of *C. ramosae* were captured only during the autumn and winter, indicating a seasonal reproduction pattern in the region. We did not observe seasonality in the reproduction activity of *B. giganteus*, and probably it occurs along the whole year. Longevity of *B. giganteus* was estimated at approximately 6 years for males, and at 7.7 for females. Nine and six years of age was the estimated longevity, respectively, for males and females of *B. miyarei*. Although individuals of *C. ramosae* and *Bathynomus* spp., occur in the same region (latitude and depth), both *C. ramosae* and *Bathynomus* spp. have distinct biological characteristics, which determine their way of life and influence their reproductive strategies. The results confirm the need for prohibiting *C. ramosae* fishing in areas up to 500 m of depth. During the assessment of extinction risk of *B. miyarei* and *B. giganteus* it was only possible to determine the deaths provoked by the bottom gillnet industrial fishing fleet of the state of Santa Catarina, southern Brazil, between 2000 and 2015. The fleet, which has the monkfish (*Lophius gastrophysus*) as targeted species, was alone responsible for more than 200 thousand *B. miyarei* deaths. Due to the lack of information, which permits properly to estimate the impact of deep fishing activities on the species population, *B. miyarei* was classified as "Data Deficient" (DD). Because *B. giganteus* has large bathymetric and latitudinal distribution, this species was classified as "Least Concern" (LC). Although all three species, *C. ramosae*, *B. miyarei* and *B. giganteus*, are directly endangered by through targeted fisheries and incidental catches (*bycatch*), they have not been classified as threatened. In order to improve the assessment, efforts are needed to quantify the biomass captured annually as *bycatch*. In addition, improved knowledge and information, such as abundance and distribution data, are essential for the management and conservation of the studied species, and can be achieved with new research cruises along the Brazilian continental slope.

Key words: Deep-sea; deep water crab; giant isopods; conservation; fishery; southwest Atlantic.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O ambiente de águas profundas

Tradicionalmente o limite batimétrico da área denomina como “mar profundo” ocorre a partir da quebra da plataforma continental, por volta dos 200 m de profundidade (Sumida, 2009). Este limite, contudo, tem sido revisto. No sudeste do Brasil, a partir da composição da comunidade faunística, os 500 m de profundidade foram considerados como o limite superior do mar profundo (Sumida & Pires-Vanin, 1997). A mesma profundidade é adotada pela base de dados *World Register of Deep-Sea Species - WoRDSS* (<http://marinespecies.org/deepsea/>) para a inclusão de registros de espécies pelágicas ou bentônicas, por ser a profundidade a partir da qual as variações sazonais de parâmetros físicos, bem como a influência da luz solar, tornam-se mínimas (Glover *et al.*, 2017). Já o *Global Open Oceans and Deep Seabed (GOODS)* considera os 300 m de profundidade como o limite superior do mar profundo (UNESCO, 2009).

As condições ambientais no mar profundo diferem substancialmente em relação às camadas superficiais. Além da ausência de luz entre 200 e 500 m de profundidade, a pressão aumenta 1 atm a cada 10 m, e a temperatura pode variar nas regiões mais profundas de -1,8 a 2°C até 450°C em fontes hidrotermais. Os animais que evoluíram sob essas condições exibem algumas características particulares, dentre as quais, o crescimento lento e a maturação tardia, o que os torna mais suscetíveis aos impactos humanos e às mudanças globais (Danovaro *et al.*, 2017a).

1.2 O conhecimento atual sobre o mar profundo

Atualmente, menos de 0,0001% do mar profundo (com mais de 200 m de profundidade) já foi pesquisado, sendo o bioma menos conhecido. A superfície do mar profundo é menos conhecida que a da lua (Danovaro *et al.*, 2017a), embora o número de artigos publicados sobre a temática tenha aumentado nos últimos 30 anos (Anexo I).

No Sul e Sudeste do Brasil os levantamentos faunísticos ocorreram de forma fragmentada e alguns há mais de três décadas (Haimovici & Klippel, 2002). Isso se dá pela falta de navios de pesquisa, o que tem limitado o conhecimento da fauna marinha no Brasil, em especial aquela das regiões profundas. Por esta razão, a maioria das

pesquisas ficou restrita à análise das capturas feitas pela pesca industrial. Contudo, apesar do registro detalhado das taxas de captura, a atividade pesqueira exhibe um comportamento típico de busca não aleatória das espécies-alvo. Por esta razão, são comuns equívocos na interpretação das taxas espaciais de capturas, tanto da relação captura/esforço como da abundância em regiões onde não foi feito esforço de pesca (Walters, 2003).

Após o lançamento em 1998 de um programa do governo brasileiro para o desenvolvimento da pesca em águas profundas, o talude continental do Sul do Brasil e Uruguai se tornou uma região altamente rentável para a pesca (Perez & Wahrlich, 2005; Perez *et al.*, 2009; Pezzuto *et al.*, 2006a, 2006b). Apesar disso, a fauna de águas profundas no Brasil permanece pouco conhecida, de modo que até entre os peixes de capturas acessórias desembarcadas por navios de pesca comercial ainda são encontradas espécies não descritas (Mincarone & Anderson, 2008).

A inclusão de espécies que não são exclusivas de regiões profundas em banco de dados de ocorrência como sendo de mar profundo tem dificultado a avaliação sobre a verdadeira magnitude da riqueza destas regiões (Higgs & Attrill, 2015). Estima-se que mais de 1,5 milhão de espécies possam ainda ser descritas no mar profundo (Danovaro *et al.*, 2017a).

1.3 Caranguejos gerionídeos

A família Geryonidae Colosi, 1923 (Decapoda: Brachyura) inclui caranguejos que habitam águas profundas e são alvo de pescarias de alto valor comercial em todo o mundo, inclusive no Brasil (Perez *et al.*, 2003; Pezzuto *et al.*, 2006b; Van der Elst & Everett, 2015).

Atualmente são reconhecidas como habitantes de águas profundas na família Geryonidae 28 espécies, sendo 22 no gênero *Chaceon* Manning & Holthuis, 1989 (Davie & Türkay, 2009; 2016). Esses caranguejos ocorrem em fundos lamosos e areno-lamosos, entre 50 e 2800 m de profundidade, onde a temperatura varia de 4 a 12°C (Wigley *et al.*, 1975; Haefner, 1978; Manning & Holthuis, 1989). Apesar de serem escassos os estudos sobre o crescimento e a longevidade dos gerionídeos, é provável que exibam características comuns à maioria das espécies que ocorrem em águas profundas, como a longevidade alta, maturação tardia, crescimento lento e desovas não

anuais (Melville-Smith, 1987).

Quatro espécies pertencentes ao gênero *Chaceon* Manning & Holthuis, 1989 são conhecidas na costa Atlântica da América do Sul: *C. eldorado* Manning & Holthuis, 1989 (Colômbia, Venezuela, Trinidad e Tobago, e Guiana Francesa), *C. linsi* Tavares & Pinheiro, 2011 (Nordeste do Brasil), *C. ramosae* Manning, Tavares & Albuquerque, 1989 (Sudeste e Sul do Brasil), e *C. notialis* Manning & Holthuis, 1989 (Sul do Brasil, Uruguai e Argentina) (Tavares & Pinheiro, 2011). Recentemente foi reportada a ocorrência de *C. gordonae* (Ingle, 1985) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Ferreira *et al.*, 2016).

Análises moleculares confirmaram o status taxonômico das espécies que ocorrem na costa continental do Brasil. Entretanto, foi sugerido que *C. notialis* pode tratar-se de um complexo de espécies ao longo de sua distribuição (Mantelatto *et al.*, 2014).

O caranguejo *C. ramosae* distribui-se entre aproximadamente 350 e 1.200 m de profundidade, desde o litoral do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul (Manning *et al.*, 1989; Melo, 1996).

1.4 Isópodos gigantes de profundidade

Das 412 espécies conhecidas pertencentes à família Cirolanidae Dana, 1852, a mais notável é *Bathynomus giganteus* A. Milne Edwards, 1879, a maior de todas as espécies de isópodos (Poore & Bruce, 2012).

O gigantismo confere aos animais que apresentam esta característica superioridade competitiva na coleta de alimentos (Vermeij, 2016), sendo uma característica frequente em algumas regiões profundas dos oceanos, por exemplo, entre 200 a 4000 m (Rex *et al.*, 2006). Esta condição contraria a tendência geral, onde a diminuição do tamanho dos animais está relacionada com o aumento da profundidade. Esta diminuição no tamanho seria resultado de uma taxa metabólica reduzida, uma característica favorecida pela limitação de alimento em grandes profundidades. Contudo, diferenças ambientais regionais, bem como na fisiologia, no hábito e na história de vida de cada espécie, resultaram em respostas evolutivas diferentes ao aumento da profundidade e à frequente diminuição na disponibilidade de alimento (Van der Grient & Rogers, 2015).

Embora já tenha sido registrada entre 310 e 2140 m de profundidade, a maioria (84%) dos registros de *B. giganteus* ocorreu entre 365 e 730 m (Holthuis & Mikulka, 1972).

No talude superior do sudeste/sul do Brasil espécimes de *Bathynomus* spp. já foram coletados em regiões com extensos platôs associados a vales, onde predominava substrato lamoso. Também ocorrem em fundos com declividade pronunciada e a presença de blocos de rochas, bem como em fundos de corais (Bernardes *et al.*, 2005).

A temperatura mensurada nos locais onde já foram capturados *Bathynomus* spp. no Golfo do México variou de 7,5 °C (845 m) a 10,6 °C (672 m) (Shiple *et al.*, 2016; Talwar *et al.*, 2016).

Até o estudo de Lowry & Dempsey (2006), que descreveram seis novas espécies no Indo-Pacífico, *B. giganteus* era considerado presente em todos os oceanos. Atualmente, a distribuição de *B. giganteus* é considerada restrita ao Oceano Atlântico. Além de *B. giganteus* também ocorrem no Atlântico as espécies *B. miyarei* Lemos de Castro, 1978, *B. obtusus* Magalhães & Young, 2003 e *B. maxeyorum* Shiple, Brooks & Bruce, 2016. A distribuição de *B. giganteus* se estende desde 31° N, adjacente ao Estado da Georgia, EUA (Lowry & Dempsey, 2006), até 30° S, ao largo da costa do Rio Grande do Sul, Brasil (Soto & Mincarone, 2001). Já *B. miyarei* só ocorre ao longo do litoral brasileiro, do Amapá (4° N) (Cintra *et al.*, 1998) até o Rio Grande do Sul (30° S) (Soto & Mincarone, 2001), entre 230 e 800 m de profundidade (Magalhães & Young, 2003). Por esta razão, poucas publicações abordaram sua biologia, sendo restritas a aspectos morfológicos e biogeográficos (Cintra *et al.*, 1998, Soto & Mincarone, 2001, Magalhães & Young, 2003).

Os isópodos *Bathynomus* spp. são considerados necrófagos onívoros e predadores oportunistas que se alimentam de uma grade variedade de animais (Shih, 1972; Tso & Mok, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003; Lowry & Dempsey, 2006). No conteúdo estomacal de *B. giganteus* os itens mais comuns são fragmentos de peixes, cefalópodos (lulas) e decápodos, principalmente camarões e caranguejos galateídeos. Também já foram observadas pequenas quantidades de isópodos, esponjas, equinodermos, nematódeos e tunicados (Shih, 1972; Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003). Não foi verificada diferença entre os itens alimentares presentes nos estômagos de machos e fêmeas (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991). *Bathynomus giganteus* já foi reportada como a espécie necrófaga

dominante em algumas regiões do Golfo do México (Churchill, 2015).

A localização e processamento de alimentos, principalmente carcaças, em ambiente tão adverso quanto o mar profundo, provavelmente é facilitada pela existência de cerdas peniciladas nas antênulas, antenas e peças bucais, como as observadas em *B. pelor* Bruce, 1986 (Thomson, 2010; Thomson *et al.*, 2009). Estas estruturas favorecem a obtenção de informações mecanossensoriais e quimiossensoriais fundamentais para a sobrevivência destes animais. Mesmo quando capturados relativamente perto de uma comunidade quimioautotrófica, *B. giganteus* obtém toda a sua nutrição a partir de itens originados da produção fotossintética que chegaram até o fundo do oceano (MacAvoy *et al.*, 2002; MacAvoy *et al.*, 2008; Churchill, 2015). Dentre a matéria orgânica que chega até o leito em regiões profundas dos oceanos, o afundamento de carcaças de animais marinhos são uma importante fonte (Hilario *et al.*, 2015).

Apesar do tamanho e distância da superfície, estas espécies também podem ser predadas. Já foi encontrado um *B. giganteus* de 250 mm no estômago de um tubarão-tigre, *Galeocerdo cuvier* (Péron & Lesueur, 1822), com cerca de 350 kg, capturado a mais de 345 m de profundidade. Entretanto, esse tipo de evento deve ser pouco frequente e com baixo impacto sobre a dinâmica das populações (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991).

1.5 Pescarias de caranguejos de profundidade no Brasil

Os primeiros cruzeiros de pesca exploratória de caranguejos de profundidade no Sul do Brasil ocorreram entre 1984 e 1985, em profundidades superiores a 400 m e entre as latitudes 25° e 34° S (Lima & Lima Branco, 1991; Haimovici *et al.*, 2007).

No Brasil, a pesca dirigida aos caranguejos de profundidade, *C. ramosae* e *C. notialis*, é regulada pelas Instruções Normativas nº 21 e 23, de dezembro de 2008, da extinta Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República. Nelas são estabelecidos critérios e procedimentos como: número máximo de embarcações, tipo e número máximo de petrechos por embarcações, limite máximo de captura e profundidade mínima de operação.

Atualmente não há registro de pesca dirigida à espécie *C. ramosae*. Contudo,

entre 1999 e 2009 a pesca de caranguejos de profundidade (*C. ramosae* + *C. notialis*) capturou em média 585 t por ano, com captura máxima de 1.742 t em 2004 (UNIVALI/CTTMar, 2010).

A avaliação do potencial pesqueiro de peixes e de lula, *Illex argentinus* (Castellanos, 1960), na plataforma externa (100 – 200 m) e no talude superior (200 – 600 m) entre Cabo Frio (23°S) e Chui (34°35'S) mostrou que esse potencial é inferior ao observado na plataforma interna. Essas regiões não podem ser consideradas como uma "nova fronteira" para a expansão da pesca e a exploração deve ser cuidadosamente controlada para evitar a sobrepesca. (Haimovici *et al.*, 2009). Abordagem semelhante deve-se ter na pescaria dirigida aos caranguejos gerionídeos.

De acordo com um modelo trófico proposto para a plataforma continental, talude e região oceânica entre Cabo Frio (22°52'S) e Chui (33°41'S), dos 100 aos 1000 metros de profundidade, tanto os camarões como os caranguejos de profundidade apresentaram baixa produtividade, sem grandes biomassas (1,2 e 1,15 t/km², respectivamente), o que indica maior risco de sobrepesca (Gasalla *et al.*, 2007).

O termo sobrepesca refere-se à condição na qual um determinado recurso pesqueiro encontra-se explorado além de seu rendimento máximo sustentável (RMS) (Pauly, 1983a; FAO, 2016). O RMS quando calculado a partir de modelos que utilizam a captura por unidade de esforço (CPUE), por sua vez, só pode ser determinado quando é ultrapassado e a pescaria já está em sobrepesca. Como dificilmente o esforço de pesca diminui, geralmente o esforço aplicado é superior aquele que permitiria manter o RMS (Castelo, 2007).

1.6 Ameaças às espécies de águas profundas

As atividades antrópicas afetam os ecossistemas marinhos de várias formas, seja pela poluição, sobrepesca de seus recursos ou introdução de espécies invasoras. Esses impactos são especialmente preocupantes para as espécies de profundidade, cuja bioecologia exhibe características singulares. Esses impactos podem atuar de forma cumulativa e sinérgica, provocando mudanças, por exemplo, na ciclagem de nutrientes (Taylor *et al.*, 2016; Danovaro *et al.*, 2017a; Danovaro *et al.*, 2017b).

As espécies exploradas por pescarias em águas profundas geralmente apresentam

características biológicas comuns, como a maturação em idade relativamente avançada, crescimento lento, expectativa de vida longa, baixa taxa de mortalidade natural e recrutamento intermitente, devido à desovas não anuais. Todas essas características resultam em baixa produtividade (FAO, 2009). Por esta razão, as pescarias dirigidas às espécies de águas profundas, como *C. ramosae*, costumam exibir um padrão de rápida expansão seguida da queda abrupta da biomassa capturada, atingindo a condição de sobreexploração ou até esgotamento. Isso ocorre pela gestão não eficiente destes recursos (Rogers *et al.*, 2008; Clark *et al.*, 2016).

Na recente avaliação do risco de extinção foi inferido um declínio do tamanho populacional de *C. ramosae* próximo a 50% nos últimos 45 anos. Contudo, como a área de distribuição batimétrica e latitudinal da espécie é maior que a área de atuação histórica da frota pesqueira, a espécie foi categorizada como “Quase Ameaçada (NT) (Instituto Chico Mendes, 2016; Pezzuto *et al.*, 2016).

Embora existam poucos registros de sua abundância e os relatos sobre o uso de *Bathynomus* spp. como alimento é apenas informal (Poore & Bruce, 2012), o fato de não ser alvo de uma pescaria não significa que não sofra impacto da atividade pesqueira. A captura como fauna acompanhante (*bycatch*) em diversas modalidades de pesca em áreas profundas deve causar impacto importante em suas populações.

Na pescaria industrial de emalhe no sul do Brasil, por exemplo, em apenas 14 cruzeiros, entre 132 e 607 m de profundidade, foram capturados 55.475 indivíduos das espécies *B. giganteus* e *B. miyarei* (Perez & Wahrlich, 2005). A mortalidade pós-soltura de *B. giganteus* capturados em armadilhas já foi avaliada experimentalmente e variou entre 50 e 100%, dependendo dos reflexos do animal antes da soltura e do tempo na superfície (Talwar *et al.*, 2016). Considerando que o estresse que os animais são submetidos quando capturados como fauna acompanhante de qualquer pescaria comercial é muito maior, pelo manejo inadequado e tempo a bordo, a maioria dos 55 mil espécimes relatados, mesmo se liberados vivos, provavelmente morreu.

Além da mortalidade causada pela atividade pesqueira em áreas profundas, outra ameaça é o crescente acúmulo de detritos plásticos nas áreas profundas dos oceanos (Van Cauwenberghe *et al.*, 2013; Woodall *et al.*, 2014; Taylor *et al.*, 2016). Já foi observada grande quantidade de plástico nos estômagos de indivíduos de *B. giganteus* coletados no Golfo do México (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991). Também já

foram encontrados resíduos plásticos no estômago de três espécimes do camarão-de-profundidade *Aristaeopsis edwardsiana* (Johnson, 1868), capturados pela pescaria de arrasto comercial de profundidade no talude continental adjacente à Costa de São Paulo entre 730 e 740 m de profundidade (Rezende *et al.*, 2011).

Outra fonte emergente de impacto sobre as regiões profundas dos oceanos é a exploração mineral (Danovaro *et al.*, 2017b; Van Dover *et al.*, 2017). O monitoramento dos impactos causados por esse tipo de atividade é de difícil execução e geralmente de curta duração. Resultados obtidos em relação à resposta da meiofauna a uma broca exploratória em profundidade de aproximadamente 890 m na Bacia de Campos, no sudeste do Brasil, por exemplo, sugerem que os efeitos na meiofauna estão relacionados não à perfuração, mas a persistência de estacas no fundo após a perfuração (Netto *et al.*, 2009).

No Brasil o “Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial” (PROAREA) foi criado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), por meio da Resolução nº 003, de 16 de setembro de 2009. Entre os principais projetos destacam-se a exploração de crostas ferromanganesíferas ricas em cobalto na Elevação do Rio Grande e de sulfetos polimetálicos na Cordilheira Meso-oceânica do Atlântico Sul e Equatorial. O plano de trabalho para as atividades de exploração na Elevação de Rio Grande já foi aprovado em julho de 2014 pela *International Seabed Authority* (ISA), cuja função é regular a mineração do fundo do mar e garantir que seja protegido de quaisquer efeitos nocivos. Essa aprovação confere ao Brasil exclusividade para realizar atividades de exploração mineral em uma área de 3.000 km² conhecida por sua produtividade pesqueira e agregação de tartarugas-marinhas.

Diante deste cenário são necessárias iniciativas que busquem mitigar os impactos e definir estratégias de conservação para o mar profundo. Uma destas iniciativas é a implantação de *Deep-Sea Ecosystem Monitoring Networks*, focadas no monitoramento de organismos e ecossistemas (Danovaro *et al.*, 2017b).

1.7 Conservação de espécies de profundidade

Uma das ferramentas mais empregadas para eleger prioridades para a conservação é a elaboração de listas de espécies ameaçadas, conhecidas como “Listas Vermelhas”. Este modelo de avaliação foi desenvolvido pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) ainda na década de 1950. Na década seguinte tornou-se conhecido mundialmente a partir da publicação dos “Livros Vermelhos”. Contudo, o método que propõe categorias e critérios para a elaboração dessas listas só foi publicado nos anos 90 (Mace *et al.*, 2008). A publicação periódica de manuais tem orientado a aplicação correta do método. O manual mais recente foi publicado no início de 2017 (IUCN, 2017).

As categorias de risco de extinção (IUCN, 2017) pretendem refletir a probabilidade de uma espécie ser extinta sob circunstâncias já existentes. A extinção ocorre quando a taxa de mortalidade (e emigração) é superior à taxa de natalidade (e imigração) durante tempo suficiente para afetar o tamanho da população. Além disso, a probabilidade de extinção é maior quando o tamanho da população é pequeno, quando a taxa de declínio é elevada (taxas de mortalidade são muito maiores do que as taxas de natalidade), e quando as flutuações no tamanho da população são grandes em relação à taxa de crescimento da população. Contudo, mesmo populações numerosas e amplamente distribuídas podem tornar-se vulneráveis quando processos externos causam a redução da população a níveis que não permitem sua recuperação (Mace *et al.*, 2008).

O método de avaliação do risco de extinção foi elaborado para avaliação das espécies considerando toda a sua distribuição (IUCN, 2017). Para avaliar as espécies em parte de sua distribuição global, portanto em uma avaliação regional, é necessário considerar alguns aspectos, principalmente em relação à influência do restante da população global em relação ao risco de extinção da população regional (Gärdenfors *et al.*, 2001; IUCN, 2012).

Na avaliação dos crustáceos no Brasil, além da adoção do método da IUCN, algumas normas publicadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) foram empregadas para orientar a execução do processo de avaliação, dentre as quais: Portaria Conjunta do MMA – ICMBio nº 316/2009; Portaria MMA nº 43/2014; e Portaria MMA nº 162/2016. Essas publicações contribuíram para definir o conceito de espécie

ameaçada de extinção no ordenamento jurídico brasileiro e apresentar as suas diferentes categorias e os procedimentos necessários à publicação das Listas Nacionais Oficiais de Espécies Ameaçadas de Extinção (Boos *et al.*, 2016).

Dentre as espécies de crustáceos de águas profundas que ocorrem no Brasil só tiveram seu risco de extinção avaliado as espécies de camarões de profundidade *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827), *Aristaeopsis edwardsiana* (Johnson, 1867) e *Aristeus antillensis* A. Milne Edwards & Bouvier, 1909 (Pezzuto, 2016) e as espécies de caranguejos *Chaceon linsi*, *C. ramosae* e *C. notialis* (Pezzuto *et al.*, 2016).

Embora presentes em todos os oceanos e capturados como alvo ou *bycatch* de várias pescarias, nenhuma espécie do gênero *Bathynomus* ou *Chaceon* teve o risco de extinção avaliado globalmente.

Tanto a avaliação do risco de extinção, como a adoção de medidas de conservação que envolvam o ordenamento da atividade pesqueira que, direta ou indiretamente, impacta as espécies de profundidade, só serão possíveis a partir do conhecimento sobre a distribuição destas espécies.

Para os camarões de profundidade são indicadas como necessárias pesquisas sobre a distribuição e movimentos horizontais e verticais dos estratos populacionais, estrutura populacional e abundância das parcelas das populações situadas em profundidades maiores do que as capturadas pela pesca (Pezzuto, 2016). De modo semelhante, são apontadas para os caranguejos gerionídeos as pesquisas sobre a estratificação batimétrica e os movimentos migratórios de cada sexo e faixa etária (Pezzuto *et al.*, 2016).

O ordenamento das pescarias que ocorrem em águas profundas deve ter como principal objetivo desenvolver a atividade de modo que consiga ser economicamente viável e ao mesmo tempo garanta a conservação dos recursos pesqueiros. Para alcançar esse objetivo os países devem adotar um enfoque ecossistêmico para a pesca, identificando áreas vulneráveis (FAO, 2009). Além disso, considerando que só é possível conservar o que é conhecido, as pesquisas sobre aspectos bioecológicos das espécies marinhas de áreas profundas são fundamentais para dar visibilidade a esta parcela da biodiversidade que ainda permanece oculta de grande parte da sociedade.

2. OBJETIVO GERAL

Compreender aspectos da biologia e distribuição dos crustáceos marinhos de profundidade: *Chaceon ramosae* para analisar parte do seu ordenamento pesqueiro, *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* para avaliar seu risco de extinção.

2.1 Objetivos específicos

- I. Identificar padrões de distribuição batimétrica, latitudinal e sazonal de *C. ramosae* a partir de dados obtidos em cruzeiros de pesquisa.
- II. Analisar o período reprodutivo, proporção e maturidade sexual de *C. ramosae*.
- III. Verificar a eficácia de duas restrições presentes na normatização de sua pescaria no Brasil: profundidade mínima de captura de 500 m e proibição da pesca em áreas com menos de 700 m de profundidade no verão e outono.
- IV. Comparar a distribuição batimétrica, latitudinal e sazonal de *B. giganteus* e *B. miyarei* no talude continental no sudeste/sul do Brasil.
- V. Analisar o período reprodutivo, proporção entre os sexos, maturidade sexual e as curvas de crescimento e estimativas de longevidade de *B. giganteus* e *B. miyarei*.
- VI. Avaliar o risco de extinção de *B. giganteus* e *B. miyarei* no Brasil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

As estações de coleta foram distribuídas equitativamente ao longo do talude continental entre 400 a 1000 m de profundidade, na área compreendida entre 26° e 29° S, no Sul do Brasil (Fig 1). Esta área está localizada entre o Cabo de São Tomé (22° S) e o Arroio Chuí (34°34' S), região que recebe a influência da Convergência Subtropical (38° S \pm 2°) formada a partir do encontro da Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas (Olson *et al.*, 1988), a qual contribui para aumentar a produtividade (Rossi-Wongtschowsky *et al.*, 2006; Castello *et al.*, 2012). Ao longo desta região, a plataforma continental se apresenta mais larga na porção central e mais estreita próximo ao Cabo Frio (23° S) e ao Cabo de Santa Marta Grande (28°40' S), sempre com declividade inferior a 2 m/km. Já no talude continental a declividade é de aproximadamente 20 m/km, exceto entre Rio Grande e Chuí (80 a 130 m/km) e ao norte de Cabo Frio (100 m/km). A quebra da plataforma continental se dá entre 160 e 190 m de profundidade (Zembruski *et al.*, 1972; Haimovici *et al.*, 2007).

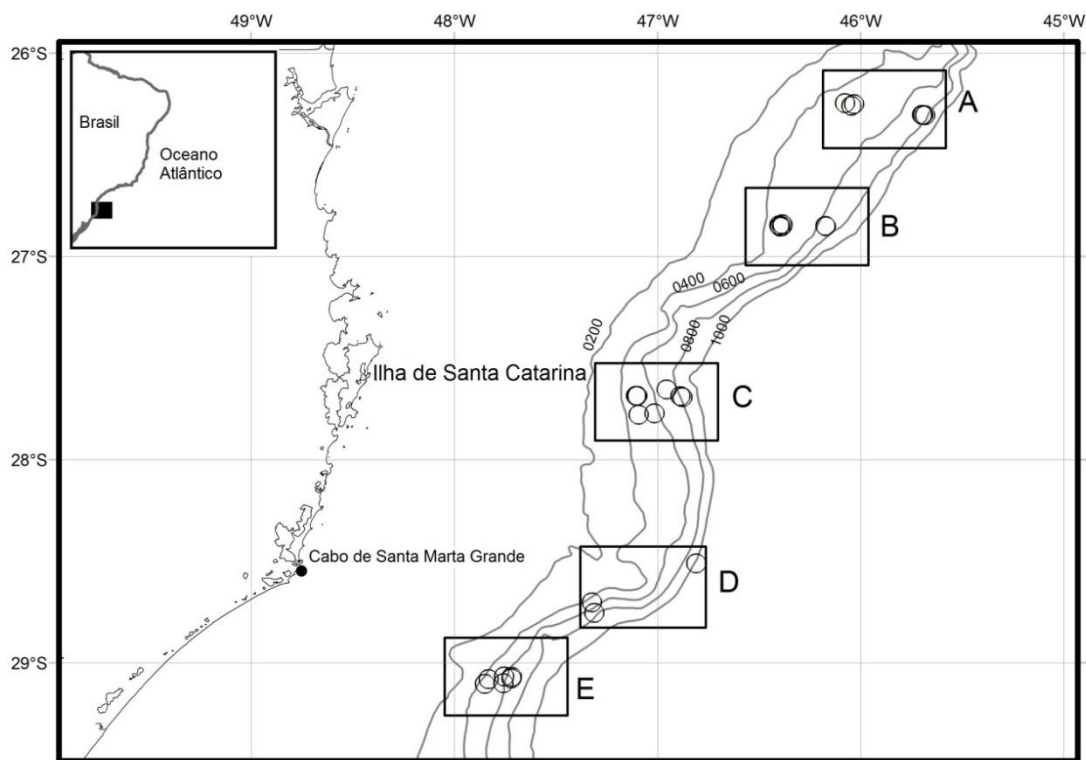


Figura 1: Área amostrada em 2009 (inverno, primavera) e 2010 (verão, outono, inverno) a bordo do NPq. Soloncy Moura. Os círculos indicam as estações de amostragem e os retângulos os setores latitudinais: A - Norte ($26^{\circ}14' - 26^{\circ}18'S$), B - Norte-central ($26^{\circ}50' - 26^{\circ}51'S$), C - Central ($27^{\circ}15' - 27^{\circ}46'S$), D - Sul-central ($28^{\circ}31' - 28^{\circ}45'S$), E - Sul ($29^{\circ}03' - 29^{\circ}05'S$).

Entre o Cabo de São Tomé e o Arroio Chuí, a temperatura nas profundidades entre 200 e 750 m varia de 6 a 20°C devido à influência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Em profundidades maiores, de até 950 m, a maior influência é da Água Intermediária Antártica (AIA), com temperatura entre 3 e 6°C (Almeida, 2001; Amaral *et al.*, 2004).

Uma importante fonte de carbono de origem continental na região, particularmente em anos sob influência do fenômeno *El Niño*, é a Pluma do Rio da Prata (Piola *et al.*, 2005). Durante o inverno, ela ocupa a faixa litorânea em direção ao Norte (Piola *et al.*, 2008) até a área do presente estudo.

Ao longo da quebra da plataforma continental e talude as zonas frontais formadas pelo encontro de diferentes massas d'água formam uma "linha" de mistura,

que quando associada às massas de água divergentes, gera eventos de ressurgência que carregam e mantêm nutrientes na região eufótica, favorecendo o crescimento do fitoplâncton (Bakun, 2006). Já quando as massas d'água são convergentes, organismos com pouca habilidade natatória são agregados e arrastados passivamente em direção ao fundo (Bakun, 2006; Fischer, 2012).

3.2 Amostragem

Foram realizados 5 cruzeiros de pesquisa em 2009 (inverno, primavera) e 2010 (verão, outono, inverno) a bordo do Navio de Pesquisa (NPq.) Soloncy Moura - CEPSUL/ICMBio (Fig. 2), totalizando cerca de 265 horas de esforço amostral (Anexo II).



Figura 2: Navio de Pesquisa (NPq.) Soloncy Moura - CEPSUL/ICMBio (Foto: Acervo CEPSUL/ICMBio).

As amostragens ocorreram em 5 setores latitudinais: A - Norte ($26^{\circ}14' - 26^{\circ}18'S$), B - Norte-central ($26^{\circ}50' - 26^{\circ}51'S$), C - Central ($27^{\circ}15' - 27^{\circ}46'S$), D - Sul-central ($28^{\circ}31' - 28^{\circ}45'S$), E - Sul ($29^{\circ}03' - 29^{\circ}05'S$). (Fig. 1).

Para a captura dos caranguejos de profundidade e dos isópodos gigantes foram realizados 32 lances de armadilhas circulares (covos) com linhas madres com 4 unidades, utilizando como isca o bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758).

Os covos apresentavam base circular e perfil cônico, boca de plástico na face superior, com 30 cm de diâmetro. A malha da rede da cobertura era de 20 mm entre nós opostos. Cada covo era fixado a uma linha secundária de 2 m de comprimento presa a uma linha madre. A distância entre os covos foi de 30 m (Fig. 3).

As armadilhas utilizadas foram do modelo japonês para pesca de caranguejos de profundidade (Slack-Smith, 2001), sendo este modelo de armadilha a principal arte de pesca empregada pela pesca industrial para a captura destes organismos (Athiê & Rossi-Wongtschowski, 2004). As amostragens foram autorizadas pelo órgão ambiental responsável (SISBIO/ICMBio nº 16886-2).

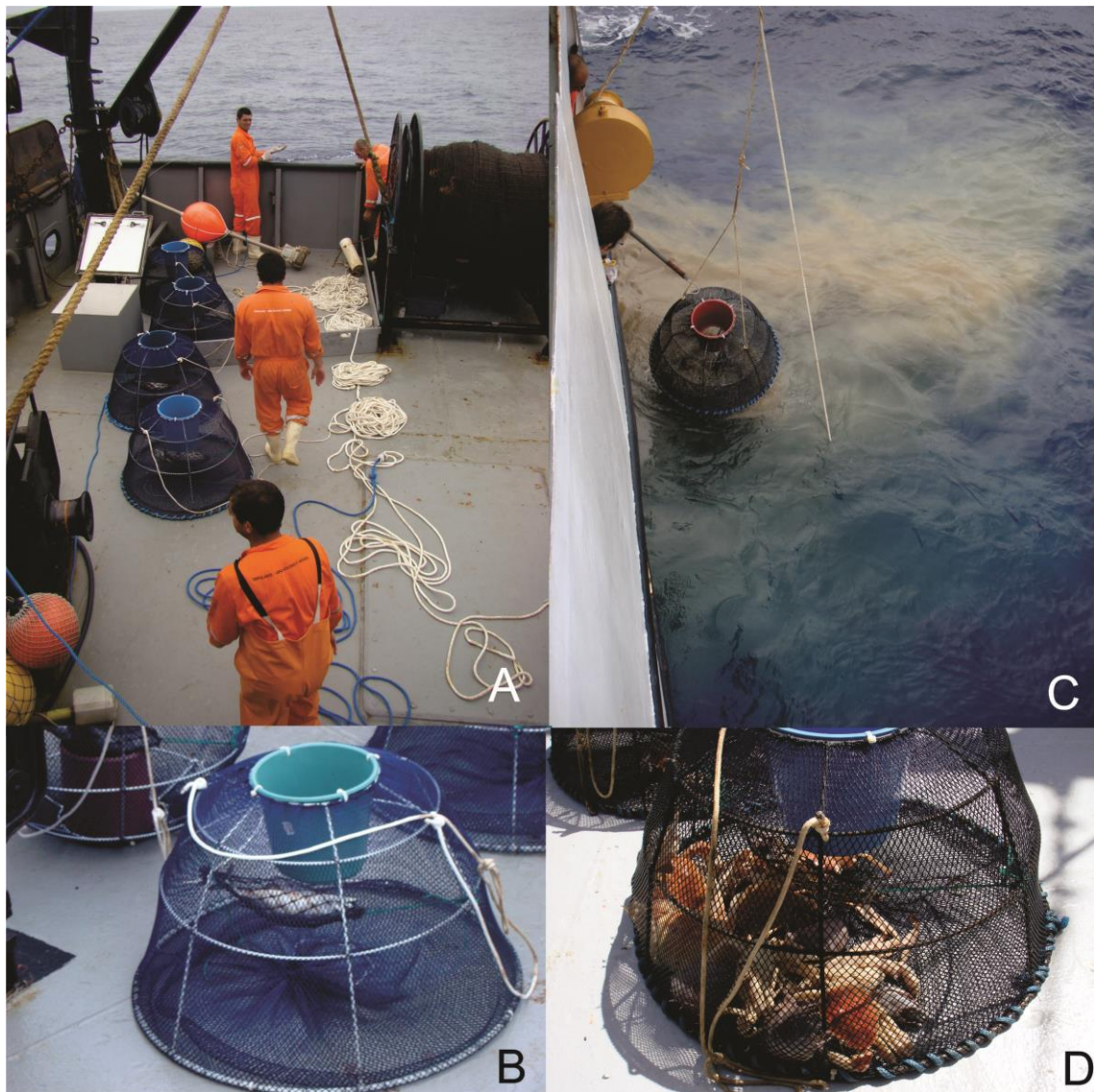


Figura 3: A - Linha madre com 4 covos no momento do lançamento; B - Covo com isca antes do lançamento; C - Recolhimento dos covos; D - Covo com animais capturados após o recolhimento (Fotos: Acervo CEPSUL/ICMBio).

3.3 Tratamento das amostras

3.3.1 Identificação

A espécie *C. ramosae* foi identificada segundo Manning *et al.* (1989) e Melo (1996). A identificação foi confirmada pelo Dr. Marcos Tavares (MZUSP) durante análise dos exemplares que foram tombados na Coleção Biológica do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul, CEPSUL/ICMBio.

Bathynomus spp. foram identificados de acordo com Magalhães & Young (2003).

3.3.2 Biometria e Sexagem

Todos os espécimes coletados de *C. ramosae* tiveram a maior largura da carapaça (LC) medida com paquímetro de precisão 0,1 mm. A identificação do sexo foi feita a partir da observação de caracteres sexuais secundários: formato do abdome e presença ou ausência dos gonópodos. A partir do reconhecimento dos indícios de cópula nos machos e nas fêmeas, os animais foram agrupados em 5 categorias: machos sem marcas de cópula; machos com marcas de cópula (manchas escuras na face ventral dos ísquios, coxas e meros); fêmeas com vulva fechada (gonóporo no esternito 5); fêmeas com vulva aberta e fêmeas ovígeras (com ovos aderidos aos pleópodos) (Elnor *et al.*, 1987; Melville-Smith, 1987; Biscoito *et al.*, 2015) (Fig. 4).

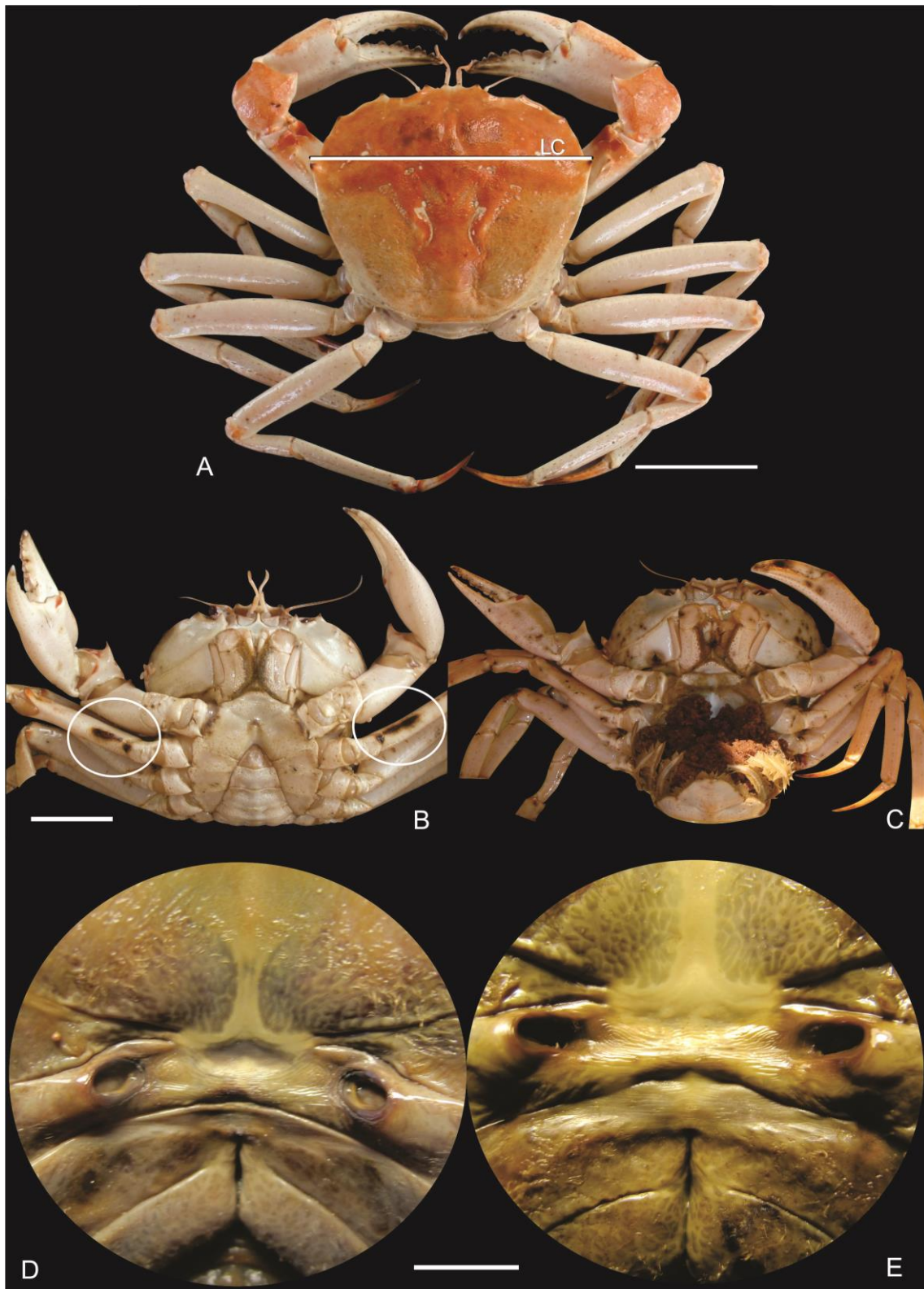


Figura 4: *Chaceon ramosae* A - Largura da carapaça (LC) (barra = 10 cm); B - Macho com indicação (círculos) das marcas de cópula (barra = 5 cm); C - Fêmea ovígera; D - Fêmea com vulva fechada (barra = 1 cm); E - Fêmea com vulva aberta (barra = 1 cm) (Fotos: Acervo CEPSUL/ICMBio).

Os espécimes de *Bathynomus* spp. tiveram o comprimento total (Ct) mensurado com ictiômetro de precisão de 1 mm, da extremidade do clipeo, estrutura plana conspícua projetada além da lâmina frontal na cabeça do animal, até o dente mediano do pleotelson, formado pela fusão do último segmento abdominal com o télson (Magalhães & Young, 2003).

Espécimes sem o 7º par de pereiópodos foram identificados como manca e os juvenis foram aqueles indivíduos com o 7º par de pereiópodos mas sem papila genital ou oostegito. O sexo foi identificado pela presença (machos) ou ausência (fêmeas) da papila genital localizada na face ventral do sétimo segmento torácico (Loyola e Silva, 1999). Os machos foram considerados imaturos quando apresentavam apenas a papila genital e maduros quando havia a presença dos apêndices masculinos nos endopoditos dos segundos pleópodos (Tso & Mok, 1991; Loyola e Silva, 1999; Briones-Fourzan & Lozano-Alvarez, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003; Magalhães & Young 2003). As fêmeas foram consideradas maduras quando possuíam oostegitos funcionais ou imaturas quando apresentavam oostegitos rudimentares (Tso & Mok, 1991; Briones-Fourzan & Lozano-Alvarez, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003). Desta forma, seis categorias foram atribuídas aos animais coletados: manca, juvenil, machos imaturos, machos maduros, fêmeas imaturas e fêmeas maduras. (Fig. 5).

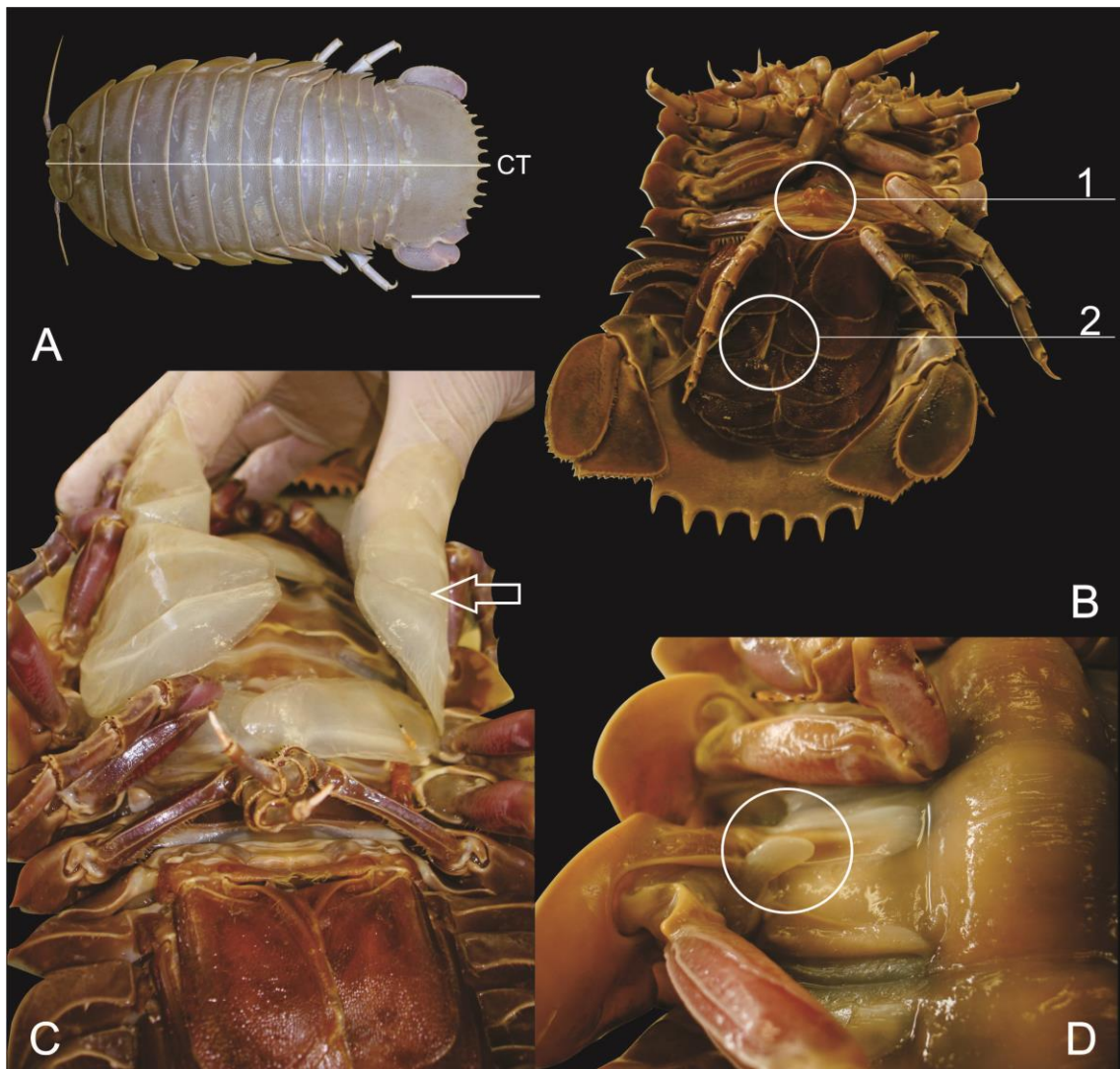


Figura 5: *Bathynomus giganteus* A - Comprimento total (Ct) (barra = 10 cm); B - Macho com a indicação (círculos) da papila genital (1) e do apêndice masculino (2); C - Fêmea com a indicação dos oostegitos funcionais; D - Fêmea com a indicação do oostegito rudimentar (Fotos: Acervo CEPSUL/ICMBio).

3.3.3 Tombamento em coleção

Parte dos animais amostrados foi crioanestesiada e posteriormente fixada e conservada em etanol 95%. Os *C. ramosae* foram tombados na Coleção Biológica do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul - CEPESUL/ICMBio, sob números: 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 183, 186). Os *Bathynonmus* spp. também foram tombados na Coleção Biológica do CEPESUL/ICMBio (nº de tombamento: 135 e 202) e na coleção do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (nº 6371).

3.4 Análise dos dados

3.4.1 Abundância sazonal, latitudinal e batimétrica

A análise da variação da distribuição e abundância das categorias (sexos e grupos etários) dos espécimes de *C. ramosae* coletados foi realizada a partir do cálculo da captura por unidade de esforço (CPUE), em número de indivíduos capturados em 6 horas de operação de pesca (ind. 6 h⁻¹) com 4 armadilhas por linha madre (Fig. 3A). Como as variâncias não foram homogêneas, as CPUEs das profundidades (400 a 1000 m) foram comparadas com o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Já entre os setores latitudinais (Norte, Norte-central, Central, Sul-central, Sul) com análise de variância (ANOVA) (Ayres *et al.*, 2007; Borcard *et al.*, 2011).

Para investigar a relação entre a abundância das categorias de machos e fêmeas e as variáveis ambientais (estação climática, setor latitudinal e faixa batimétrica) foi utilizada a análise de redundância (*Redundancy Analysis* - RDA, Scaling 2) (Legendre & Legendre, 1998). A validade da utilização da RDA foi verificada a partir da análise da colinearidade entre as variáveis, *Variance Inflation Factors* (VIF), sendo evitados valores acima de 20 (VIF > 20) (Borcard *et al.*, 2011).

A análise de agrupamento, que é um procedimento heurístico, não um teste estatístico, foi calculada a partir do agrupamento pelas médias não ponderadas (*Unweighted Pair-Group Method using arithmetic Averages* - UPGMA). Nesta análise, os agrupamentos foram formados pela maior similaridade, sendo calculada a média

aritmética das distâncias entre as categorias. Este método é recomendado quando as variáveis são descritores ambientais (Legendre & Legendre, 1998; Borcard *et al.*, 2011). Esta análise foi utilizada para verificar como se relacionam as categorias a partir da variação de latitude, batimetria e estações do ano.

Para verificar como as categorias de machos e fêmeas se distribuem nos gradientes latitudinal, batimétrico e sazonal, foi aplicada uma análise de ordenação (*Principal Component Analysis* - PCA). Nesta análise, a maior proximidade no plano de ordenação indica maior correlação (Valentin, 2000). A importância de cada variável para os eixos de ordenação foi analisada a partir do *circle of equilibrium contribution* (Borcard *et al.*, 2011).

As CPUEs das categorias de *B. giganteus* e *B. miyarei* foram comparadas pelo teste de aderência, distribuição qui-quadrado (X^2). Já a comparação das CPUEs de cada setor e estação climática para cada categoria de *B. giganteus* foi feita pela análise de variância (ANOVA *one way*, com teste de Tukey). Para *B. miyarei*, que exibiu variâncias desiguais, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (que compara mais de duas distribuições por meio de técnicas de ranqueamento). No caso de diferenças entre as categorias, as comparações foram pareadas entre os grupos com o teste de Dunn (Dunnett). A comparação das CPUEs das categorias de *B. giganteus* e *B. miyarei* entre as profundidades foi pelo teste de Kruskal-Wallis e teste de Dunn (Ayres *et al.*, 2007).

A relação entre a distribuição das categorias (mancas, juvenis, machos e fêmeas) e as variáveis ambientais (sazonal, latitudinal e batimétrico) foi analisada pelas análises de agrupamento (UPGMA) e ordenação (PCA), conforme descrito acima.

A relação entre o tamanho da carapaça (LC - *C. ramosae*) ou comprimento total (Ct - *Bathynomus* spp.) e a profundidade foi analisada a partir de regressões lineares e indicação do coeficiente de correlação de Pearson.

Para as análises foram utilizadas rotinas em ambiente “R” (RDA; UPGMA; PCA) (R Development Core Team, 2014; Oksanen *et al.*, 2015), *software* Statistica 7.1 (ANOVA) (StatSoft, Inc., 2005) ou BioEstat 5.0 (Kruskal-Wallis; X^2) (Ayres *et al.*, 2007). Em todas as análises foi considerado o nível de significância de 0,05.

3.4.2 Proporção sexual e período reprodutivo

A proporção sexual para cada estação do ano, gradiente latitudinal e profundidade foi obtida pela divisão do número de machos pelo de fêmeas, sendo verificada a existência de diferença significativa pela aplicação do teste de ajustamento, distribuição qui-quadrado (X^2), com nível de significância de 5%.

O período em que ocorre a reprodução de *C. ramosae* foi inferido a partir da presença de fêmeas ovígeras (Biscoito *et al.*, 2015). No caso de *B. giganteus* e *B. miyarei* pela captura de fêmeas com oostegitos funcionais (Barradas-Ortiz *et al.*, 2003).

3.4.3 Maturidade sexual

O tamanho médio do início da primeira maturação sexual de *C. ramosae* foi estimado para a classe de largura da carapaça na qual se completou 50% das fêmeas ovígeras amostradas (L50) (Santos, 1978; Vazzoler, 1981). Já a maturidade sexual dos machos foi estimada a partir da presença das marcas de cópula (Melville-Smith, 1987; Pezzuto & Sant'Ana, 2009). A dispersão dos pontos foi ajustada ao modelo sigmoide ($y=1/1+e^{(LC-LC50)}$), adaptado de Fontelhes-Filho (1989) e Vazzoler (1996). Para a estimativa da maturidade de *Bathynomus* spp. foi utilizado o mesmo método (Santos, 1978; Vazzoler, 1981), mas considerando as fêmeas que apresentavam oostegitos funcionais e machos com apêndices masculinos.

3.4.4 Crescimento e longevidade de *B. giganteus* e *B. miyarei*

O crescimento de machos e fêmeas foi descrito a partir da distribuição das frequências absolutas de comprimento total (Ct) em histogramas (Santos, 1978) com classes de 20 mm. As manca e os juvenis foram agrupados e incluídos para machos e fêmeas. A decisão sobre o intervalo das classes de tamanho teve como referência o valor obtido por meio da fórmula de Sturges (Sturges, 1926), em que se calculou o número de classes com a partir da equação:

$$K=1+3,22 \log N$$

onde:

K = número de intervalos de classes;

N = número de indivíduos.

Os dados de comprimento foram submetidos ao programa FiSAT (FAO-ICLARM *Stock Assessment Tools*) (Gayanilo *et al.*, 1996), sendo usado o método de Battacharya na decomposição das componentes normais de cada trimestre (estação climática), identificando as coortes para cada sexo. Os componentes normais foram confirmados pela rotina *normally separation* (NORMSEP) (Pauly & Caddy, 1985).

O crescimento foi descrito pelo modelo de von Bertalanffy:

$$C_{ti} = C_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

onde:

C_{ti} = comprimento total na idade t ;

C_{∞} = comprimento máximo teórico que a espécie pode atingir (comprimento assintótico);

k = coeficiente de crescimento;

t_0 = idade teórica ao nascer.

Os parâmetros foram estimados a partir do método ELEFAN I (*Electronic Lengths-Frequency Analysis*) (Pauly & David, 1981), inserido no pacote computacional FiSAT II (FAO-ICLARM *Stock Assessment Tools*) (Gayanilo *et al.*, 1996; Gayanilo & Pauly, 1997; Gayanilo *et al.*, 2005), que se baseia no deslocamento modal de sequências temporais de amostras de comprimento.

O comprimento assintótico (C_{∞}) foi estimado a partir do maior indivíduo capturado ($C_{\text{máx.}}$), sendo: $C_{\infty} = C_{\text{máx.}}/0,95$ (Pauly, 1983a). A longevidade, definida como o tempo que o indivíduo leva para alcançar 95% do comprimento assintótico, foi estimada com base na fórmula proposta por Taylor (1958): $t_{\text{máx}} = t_0 + 2,996/k$.

3.5 Avaliação do risco de extinção de *B. giganteus* e *B. miyarei*

Para a avaliação do risco de extinção de *B. giganteus* e *B. miyarei* foi utilizado o método desenvolvido pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2017) que estima o risco de extinção de uma espécie no futuro próximo, levando em conta o conhecimento atual sobre a biologia, distribuição, tendência populacional e as ameaças recentes, atuais ou projetadas (Mace *et al.*, 2008). Os critérios empregados foram:

- A - Redução da população (passada, presente e/ou projetada para o futuro);
- B - Distribuição geográfica restrita e apresentando fragmentação, declínio ou flutuações da população;
- C - População pequena e com fragmentação, declínio ou flutuações;
- D - População muito pequena ou distribuição muito restrita;
- E - Análise quantitativa de risco de extinção.

A partir da aplicação de critérios e observação de seus limites quantitativos, as espécies poderão, segundo o método desenvolvido pela IUCN (IUCN, 2017), ser categorizadas em (Fig. 6):

1. Dados Insuficientes (DD) - Quando não há informações suficientes ou adequadas para fazer a avaliação do risco de extinção. Esta categoria indica que é necessário obter mais informações, mas que se reconhece a possibilidade de que a espécie pode estar ameaçada. Por isso, nos casos em que não se tem muitas informações sobre a espécie, mas não existem ameaças diretas e há indícios de que seja comum, com alta resiliência ou com distribuição ampla, a ela deve ser categorizada como “Menos Preocupante” (LC).
2. Menos Preocupante (LC) - Quando a espécie não se enquadra em algumas das categorias de ameaça ou em NT. Esta categoria geralmente é indicada para

espécies com ampla distribuição, abundantes e sem ameaças importantes. Contudo, uma espécie com distribuição restrita também pode ser LC, desde que não haja uma fonte de ameaça direta significativa.

3. Quase Ameaçada (NT) - Esta categoria é utilizada para espécies que se aproximam dos limiares quantitativos dos critérios e que provavelmente serão enquadradas em uma categoria de ameaça num futuro próximo.
4. Vulnerável (VU) - Uma espécie está “Vulnerável” quando as informações disponíveis indicam que se enquadra em algum dos critérios de A a E. É considerada em risco extinção na natureza.
5. Em Perigo (EN) - Estão “Em Perigo” as espécies que cumprem os limites quantitativos de qualquer um dos critérios utilizados. O risco de extinção na natureza é muito alto.
6. Criticamente em Perigo (CR) - É considerada nesta categoria a espécie que está enfrentando um risco extremamente alto de extinção na natureza.

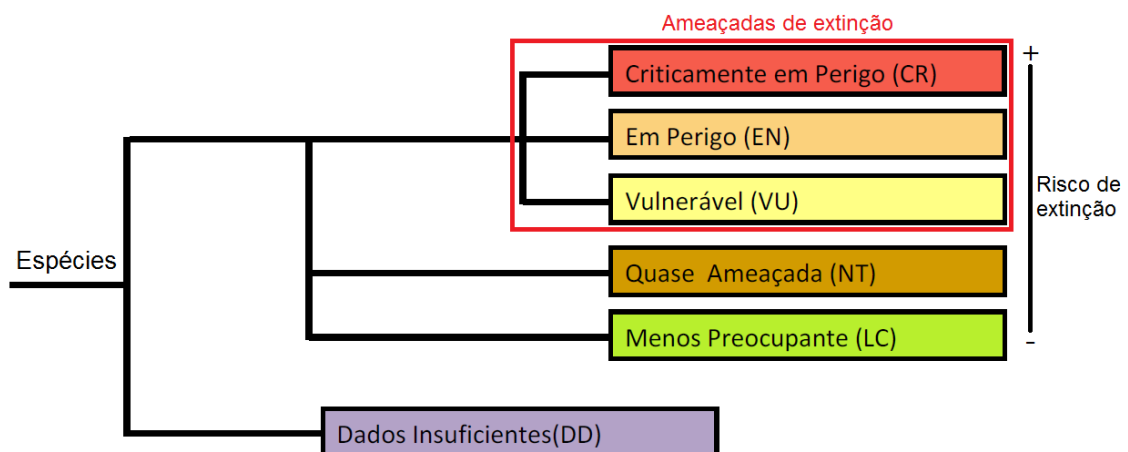


Figura 6: Categorias de risco de extinção (Imagem adaptada a partir de IUCN, 2017).

Na avaliação da redução populacional, critério A, utilizada para avaliar o risco de extinção das espécies, deve-se necessariamente quantificar (%) o quanto a população reduziu e em qual período. A janela de análise, período considerado na avaliação, pode ser de até 10 anos ou 3 tempos geracionais, o que for mais longo. O tempo geracional indica a taxa de renovação dos indivíduos reprodutores na população, podendo ser calculada de algumas formas, de acordo com a qualidade das informações disponíveis sobre a espécie (IUCN, 2017). Uma das melhores formas de calcular o tempo geracional é:

$$\text{Idade da 1ª reprodução} + (\text{taxa de mortalidade} \times \text{período reprodutivo})$$

As idades da primeira reprodução de *B. giganteus* e *B. miyarei* serão estimadas a partir do comprimento médio do início da primeira maturação sexual (L50), conforme descrito no item 3.4.3, e das equações que descrevem o crescimento das espécies, obtidas de acordo com o descrito no item 3.4.4.

Já a taxa de mortalidade total foi estimada segundo o método de curva linearizada de captura de comprimentos convertidos, a partir da distribuição das frequências de comprimento total e dos parâmetros da curva de crescimento calculados neste estudo. O cálculo fornece o logaritmo da taxa de sobrevivência das classes de comprimento, dividindo a idade média da classe de comprimento e o logaritmo do número de espécimes nesta classe pelo tempo que os indivíduos ficam nela (Pauly, 1983b; 1984a; 1984b).

Supondo que *Bathynomus* spp. se reproduzem até o fim de sua vida, a idade da última reprodução será a longevidade estimada para cada espécie. Desta forma, o período reprodutivo corresponde ao tempo transcorrido entre a idade da primeira reprodução e a da morte do animal, sendo calculado pela diferença entre a idade da maturidade sexual e a longevidade.

No caso de *B. miyarei*, onde não foram amostrados suficientemente todos os extratos populacionais, o valor da taxa de mortalidade é considerado como 0,5/ano, sendo o tempo geracional calculado a partir da equação:

$$\text{Idade 1ª reprodução} + (\text{longevidade} - \text{Idade 1ª reprodução})/2$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Abundância e distribuição do caranguejo de profundidade *Chaceon ramosae* (Decapoda: Geryonidae) no Sul do Brasil: Contribuição ao ordenamento pesqueiro (Anexo III)

4.1.1 Abundância sazonal, latitudinal e batimétrica

Foram capturados 195 espécimes, sendo 128 machos e 67 fêmeas, destas, 17 possuíam ovos aderidos aos pleópodos. A maior CPUE ocorreu no setor Sul (CPUE = 9,9 ind. 6 h⁻¹) e entre 801 e 900 m de profundidade (CPUE = 36,8 ind. 6 h⁻¹). A CPUE não foi significativamente diferente entre as latitudes ($p = 0,3474$) ou profundidades ($p = 0,0814$) (Fig. 7 e 8). A maioria dos indivíduos, especialmente as fêmeas ovígeras, foram capturadas no inverno (Fig. 9). Todas as fêmeas ovígeras ($n = 16$) foram capturadas no setor Central.

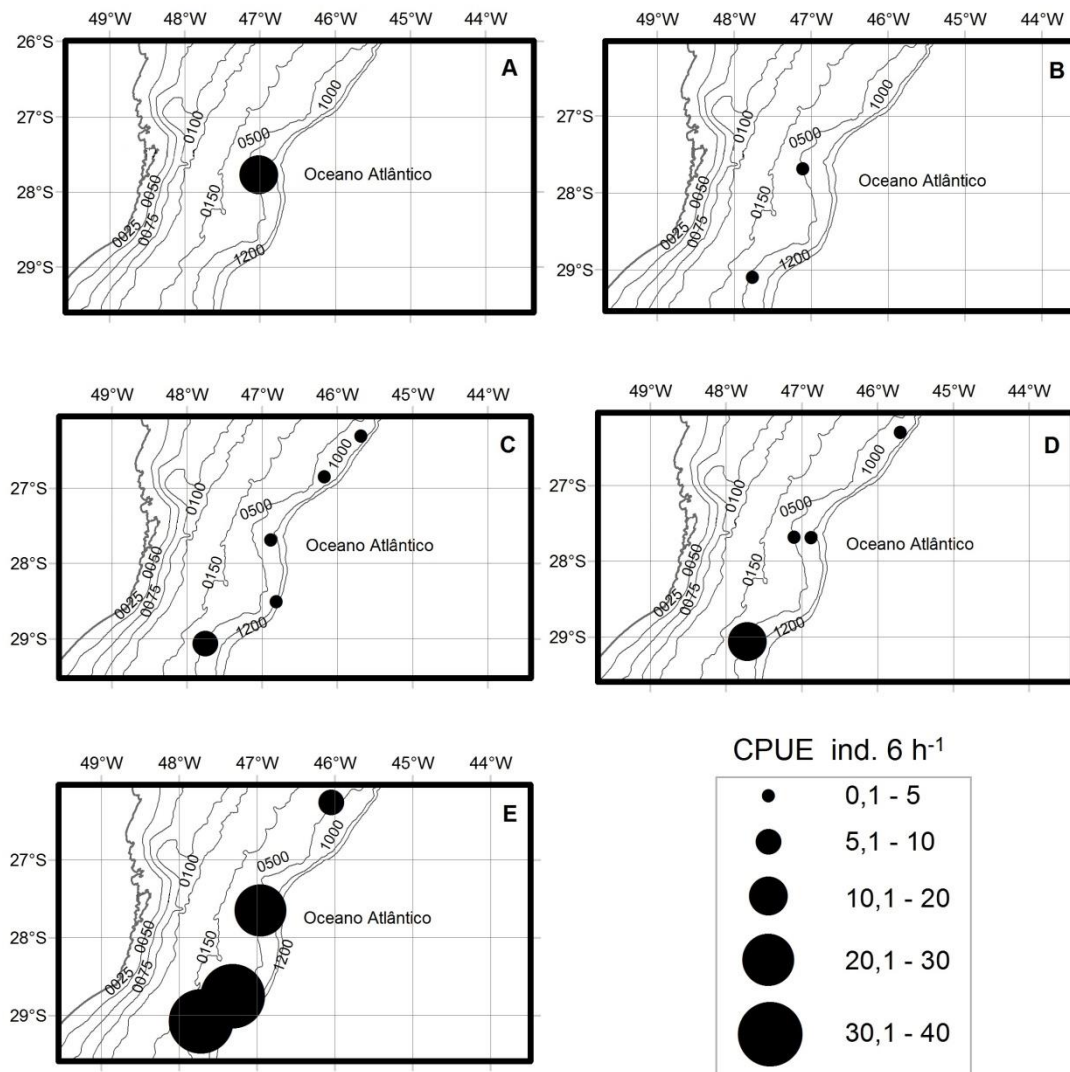


Figura 7: *Chaceon ramosae* - Captura por unidade de esforço (ind. 6 h⁻¹) por estação (A – inverno/09, B – primavera, C – verão, D – outono, E – inverno/10) na estações de amostragem durante os cruzeiros de pesquisa realizados pelo NPq. Solncy Moura/CEPSUL.

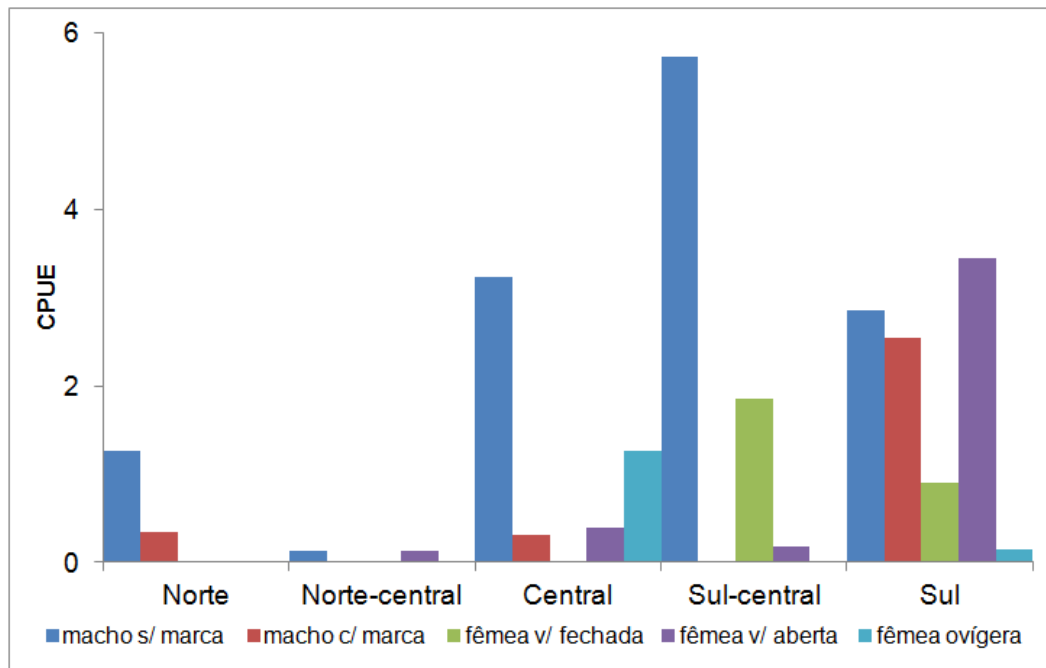


Figura 8: *Chaceon ramosae* - Captura por unidade de esforço (CPUE ind. 6 h⁻¹) em cada setor latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S).

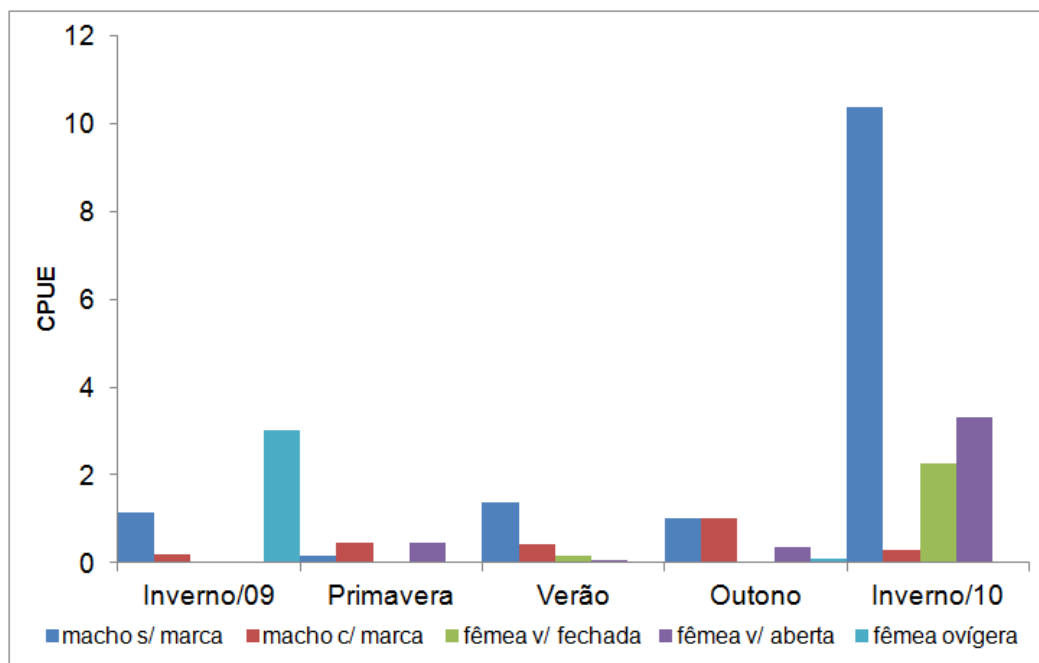


Figura 9: *Chaceon ramosae* - Captura por unidade de esforço (CPUE ind. 6 h⁻¹) em cada estação climática amostrada.

A maior CPUE registrada ao sul do Cabo de Santa Marta Grande (29°19'S), e a presença da maioria das fêmeas ovígeras no setor Central, entre 27°15' e 27°46'S, podem estar relacionadas a alguns processos oceanográficos que caracterizam a região. Um dos processos é a Convergência Subtropical que eleva a produtividade (Emilson, 1961; Carvalho *et al.*, 1998; Amaral & Jablonski, 2005; Rossi-Wongtschowsky *et al.*, 2006). Também o afloramento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) durante períodos de vento nordeste (NE), em especial na primavera e no verão, determina o aumento da produção primária, o que favorece a sobrevivência de larvas planctônicas e conseqüentemente a reprodução da fauna bentônica na região Sudeste e Sul do Brasil (Pires-Vanin & Matsuura, 1993; Matsuura, 1995). Além disso, a distribuição das larvas de peixes na porção meridional da plataforma continental do Sul do Brasil é influenciada principalmente pela Pluma do Rio da Prata (Macedo-Soares *et al.*, 2014), importante fonte de carbono de origem continental, particularmente em anos sob influência do fenômeno *El Niño* (Piola *et al.*, 2005). Durante o inverno, a Pluma do Rio da Prata ocupa a faixa litorânea em direção ao Norte (Piola *et al.*, 2008), até o setor latitudinal Norte-central (26°14'-26°18'S) do presente estudo.

Outro processo que pode influenciar a distribuição dos animais são as zonas frontais formadas pelo encontro de diferentes massas d'água, por exemplo, com diferença de temperatura ou salinidade, onde se forma uma "linha" de mistura, que quando associada às massas de água divergentes, gera eventos de ressurgência que carregam e mantêm nutrientes na região eufótica, favorecendo o crescimento do fitoplâncton. Que, por sua vez, favorece o desenvolvimento de outros organismos (Bakun, 2006). Por outro lado, quando as massas d'água são convergentes, organismos com pouca habilidade natatória são agregados e arrastados passivamente em direção ao fundo, sendo predados por carnívoros oportunistas (Bakun, 2006; Fischer, 2012), como *C. ramosae* (Domingos *et al.*, 2008). Estes dois processos, ressurgência e afundamento, criam oportunidades de obtenção de alimento em diferentes estágios do ciclo de vida. Isso beneficia tanto espécies com crescimento rápido (com alta mortalidade), como espécies com crescimento lento (com baixa mortalidade), como *C. ramosae*, (Bakun, 2006; Fischer, 2012).

Entre 600 e 800 m de profundidade foram capturados 50 % dos machos e 67 % das fêmeas. Ficou claro um padrão batimétrico de distribuição das fêmeas: fêmeas com vulva fechada ocorrendo em áreas mais profundas, com vulva aberta em profundidade

intermediária e ovígeras em áreas menos profundas, entre 500 e 600 m. Relação similar foi observada nos machos: imaturos principalmente em áreas mais profundas, com maduros em áreas mais rasas (Fig. 10).

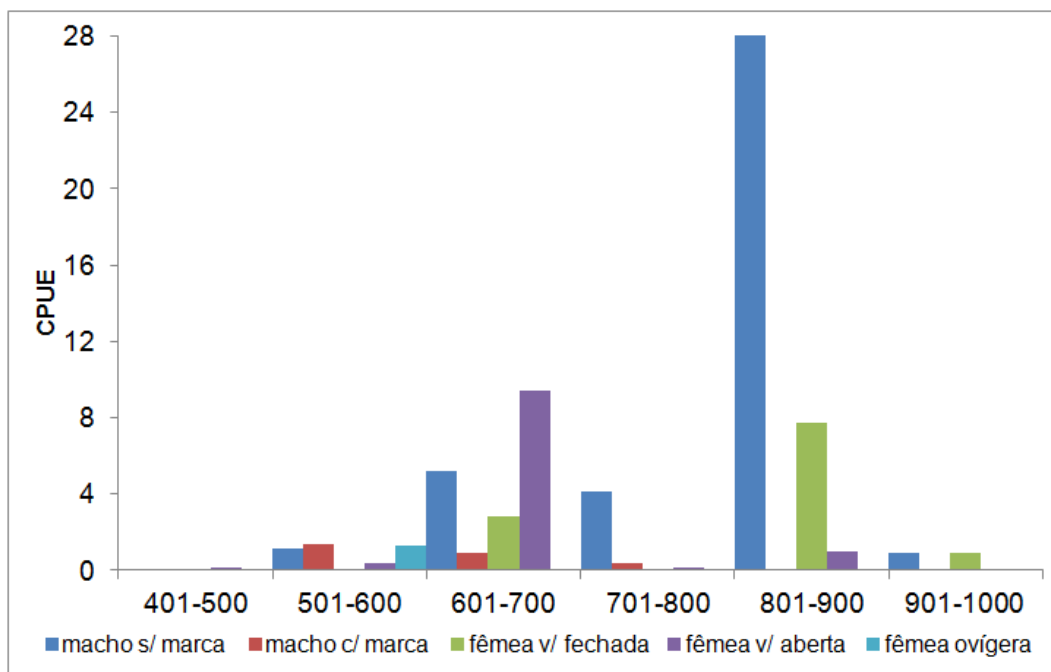


Figura 10: *Chaceon ramosae* - Captura por unidade de esforço (CPUE ind. 6 h-1) ao longo do gradiente batimétrico amostrado.

A presença de fêmeas ovígeras em região menos profunda (500 - 600 m) do talude continental pode favorecer a sobrevivência das larvas liberadas nesta região, visto que a temperatura é maior, entre 4° e 10°C, além da maior produtividade primária e secundária resultantes da Convergência Subtropical (Gutiérrez *et al.*, 2011). No Uruguai, a maioria das fêmeas ovígeras de *C. notialis* foram registradas em áreas menos profundas, entre 300 e 400 m (Gutiérrez *et al.*, 2011). Já no Atlântico Norte, no arquipélago de Madeira e nas Ilhas Canárias, em relação a maior abundância de fêmeas ovígeras de *C. affinis* foi encontrada na profundidade entre 800-1000 m. Neste caso, a ausência das fêmeas ovígeras em áreas menos profundas pode estar relacionada a competição com outras espécies de caranguejos (Biscoito *et al.*, 2015).

As variáveis ambientais explicaram 50,35 % (RDA, Scaling 2) da distribuição de machos e fêmeas ($p < 0,001$), sendo a profundidade o principal fator (0,0919). A análise de agrupamento (UPGMA) que relacionou a abundância dos animais com os gradientes batimétrico, latitudinal e sazonal, mostrou a formação dois grupos (distância euclidiana

= 98,6), um com machos sem marca de cópula e outro com as demais categorias. Dois grupos seguintes foram formados (distância = 31,2), um por machos com marcas de cópula e fêmeas ovígeras, e outro por fêmeas com vulva aberta ou fechada (Fig. 11).

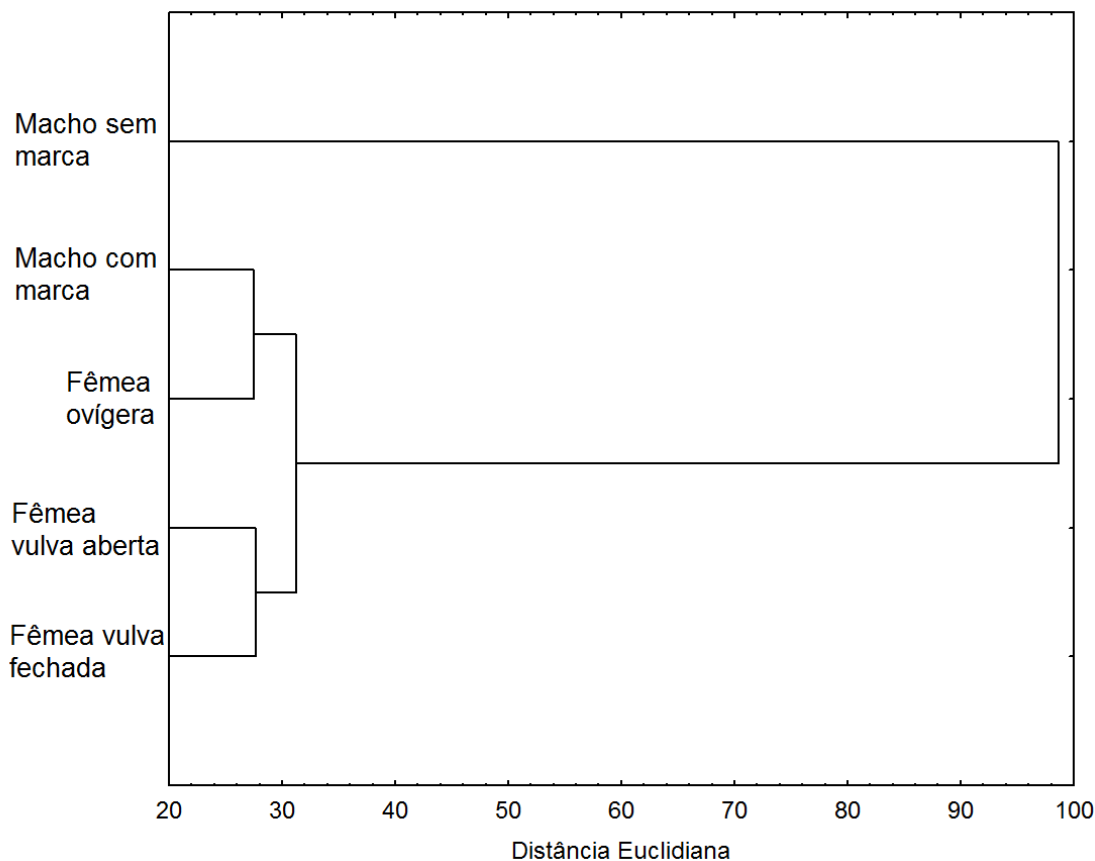


Figura 11: *Chaceon ramosae* - Análise de agrupamento (UPGMA) de machos com e sem marca de cópula, fêmeas com vulva aberta ou fechada, e fêmeas ovígeras de *C. ramosae* no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010).

Já o diagrama de ordenação (PCA) evidenciou que fêmeas ovígeras, fêmeas com vulva aberta e machos com marca de cópula distribuem-se de forma similar. Os dois primeiros eixos de ordenação explicam 78,6 % da variação total (Fig. 12). As variáveis que mais contribuíram foram a profundidade (Eixo 1) e os setores latitudinais (Eixo 2).

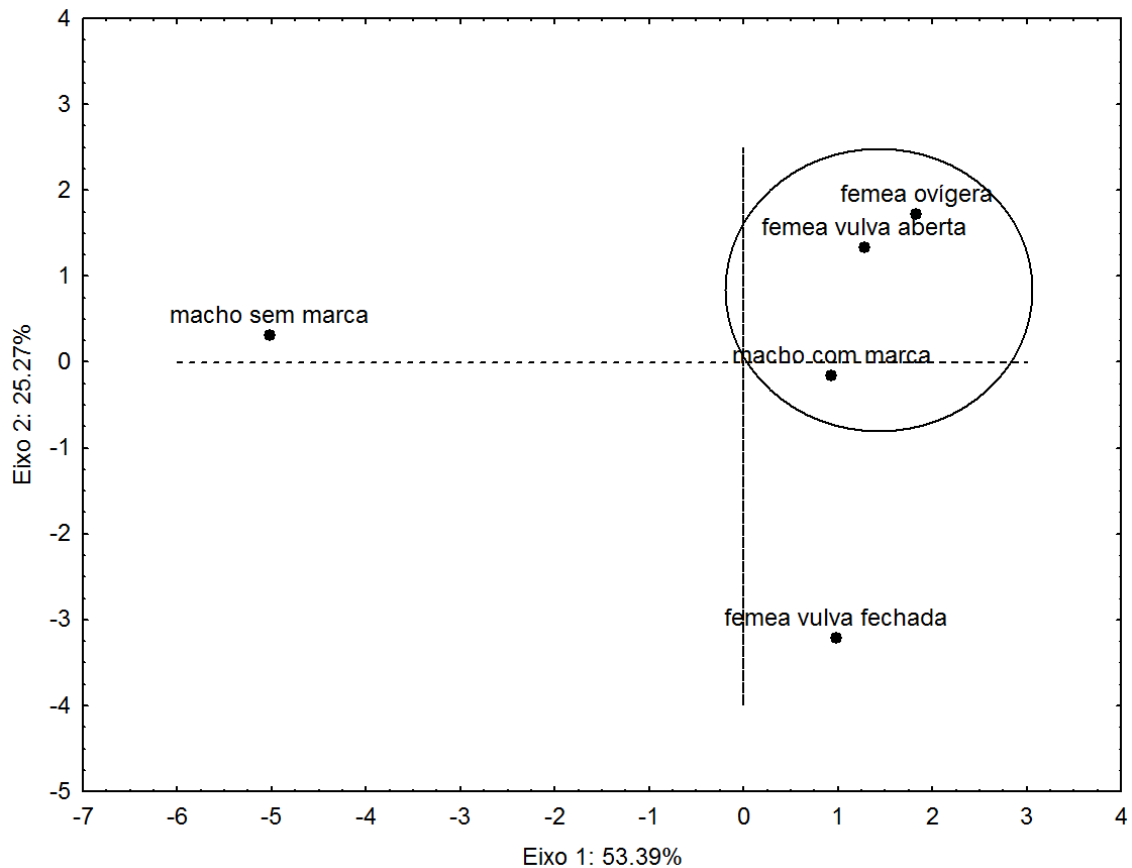


Figura 12: *Chaceon ramosae* - Diagrama de ordenação (PCA) dos dados de abundância de machos com e sem marca de cópula, fêmeas com vulva aberta ou fechada, e fêmeas ovígeras de *C. ramosae* no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010). Eixo 1 e 2 representam 78,66% da variação total.

O maior macho e a maior fêmea coletados tem, respectivamente, 176,1 e 147,9 mm de largura da carapaça. Em geral, os maiores espécimes de ambos os sexos (média = 140,6 mm) foram capturados nas áreas amostradas com menor profundidade, entre 400 e 600 m. O tamanho variou ao longo do gradiente batimétrico (Kruskal-Wallis, $p = 0,0495$), e a correção entre o aumento do tamanho e a diminuição da profundidade foi evidente nas fêmeas (Fig. 13).

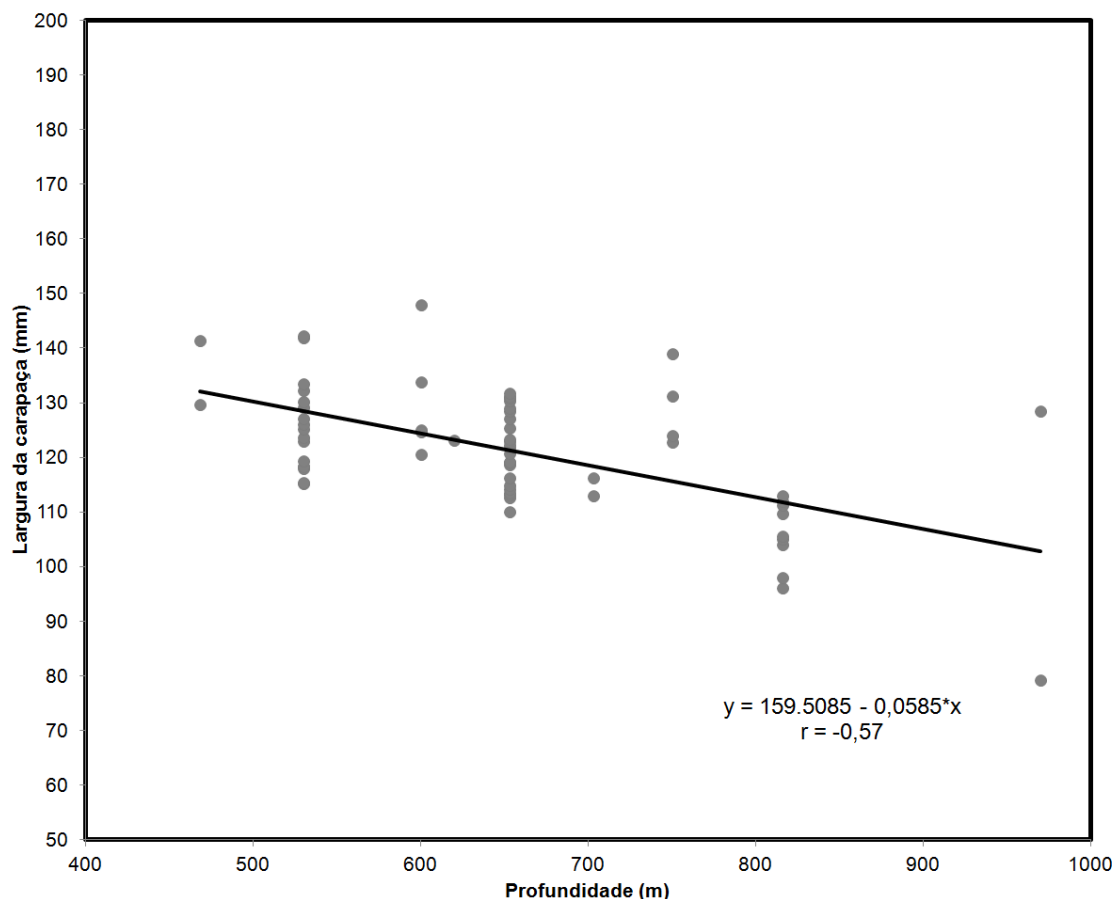


Figura 13: *Chaceon ramosae* - Relação entre a largura (mm) da carapaça das fêmeas (n = 67) e a profundidade (F = 31,3967; p < 0,0001). Indicação da equação linear que descreve os pontos empíricos e o coeficiente de correlação de Pearson (r) correspondente.

Foi observada, portanto, a tendência de animais maiores e maduros sexualmente em regiões menos profundas (500 - 700 m), sendo a profundidade a variável ambiental que parece influenciar mais a distribuição. Os machos com marcas de cópula, fêmeas com vulva aberta ou ovígeras, formaram um grupo distinto das demais categorias. Observação semelhante foi feita em *C. affinis* coletados no Atlântico Norte, onde o tamanho médio de ambos os sexos diminuiu com a profundidade (Biscoito *et al.*, 2015).

4.1.2 Proporção sexual e período reprodutivo

Os machos foram relativamente mais abundante em todas as estações do ano (p < 0,05) e em quase todos os setores latitudinais. Já em relação ao gradiente batimétrico a proporção entre os sexos foi favorável às fêmeas nas regiões menos profundas (401-

500 m) e aos machos nas mais profundas (701-900 m) (Tab. 1).

Tabela 1: *Chaceon ramosae* - Razão sexual (machos/fêmeas) em cada estação climática, setor latitudinal e gradiente batimétrico. ^a = teste qui-quadrado com correção de Yates, ^b = teste-G com correção de Williams. * = significativa.

Variável	Nº Machos	Nº Fêmeas	Razão Sexual	P
Inverno/09	7	16	0.4	0.0953 ^a
Primavera	4	3	1.3	0.0542 ^b
Verão	25	3	8.3	< 0.0001*
Outono	24	5	4.8	0.0008*
Inverno/10	71	37	1.9	0.0015*
Norte	19	0	-	-
Norte-central	1	1	1.0	0.0261 ^{b*}
Central	45	21	2.1	0.0046*
Sul-central	31	11	2.8	0.0034*
Sul	36	30	1.2	0.5383
401-500	0	2	-	-
501-600	33	22	1.5	0.1775
601-700	13	26	0.5	0.0547
701-800	55	2	27.5	< 0.0001*
801-900	29	9	3.2	0.0021*
901-1000	2	2	1.0	0.0249 ^b

Foram coletadas fêmeas ovígeras no outono (n = 1) e no inverno (n = 16), portanto, se infere que o período reprodutivo ocorra nestas estações.

Ciclos reprodutivos sazonais são geralmente desencadeados por alterações ambientais, tais como a duração do dia e temperatura. No mar profundo nenhum desses estímulos poderiam dar início à reprodução (Melville-Smith, 1987). Contudo, a ausência de mudanças sazonais nestes ambientes tem sido refutada por publicações recentes (Morales-Nin & Panfili, 2005; Danovaro *et al.*, 2014). O aporte sazonal de alimento que chega às regiões profundas, sob a forma de partículas de carbono orgânico, é utilizado pela fauna bentônica tanto para a manutenção (respiração) como para o crescimento (Rowe, 2013), e a maturação sexual é influenciada e sincronizada com a disponibilidade destes recursos (Rosa & Nunes, 2003). Soma-se a isso o afundamento de carcaças, por morte natural ou descarte feito pela pesca industrial,

constituindo uma importante fonte de alimento para animais de grande porte e mobilidade, como *C. ramosae*. Além disso, os processos oceanográficos que proporcionam trocas de água entre duas correntes (vórtices, e.g.), também contribuem com o fluxo de nutrientes e têm sido apontados como responsáveis pela flutuação nas biomassas de populações de águas profundas (Fischer, 2012).

Ao contrário do observado em *C. affinis* na região das Ilhas Canárias onde ocorreram fêmeas ovígeras durante todo o ano (Biscoito *et al.*, 2015), o registro de fêmeas ovígeras de *C. ramosae* somente no outono e inverno parece indicar um padrão reprodutivo sazonal na região amostrada. Ao contrário do que ocorre na maioria dos braquiuros, são escassas as evidências de reprodução sazonal em caranguejos gerionídeos (Wigley *et al.*, 1975, Haefner, 1978, Lux *et al.*, 1982, Melville-Smith, 1987). O ciclo reprodutivo de *C. ramosae* provavelmente é regulado pela disponibilidade sazonal de alimento, o que já foi observado em outras espécies (George & Menzies, 1968; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003; Rosa & Nunes, 2003).

Entretanto, a sinergia entre os processos oceanográficos envolvidos na disponibilização de alimento no talude continental do Sudeste e Sul do Brasil e sua influência no ciclo de vida das populações de regiões profundas, ainda precisa ser melhor compreendida.

4.1.3 Maturidade sexual

A menor e a maior fêmea ovígera coletadas mediram, respectivamente, 115 e 142 mm de largura da carapaça. O menor macho com marca de cópula tinha 123 mm e o maior 166 mm. A largura de carapaça média do início da primeira maturação sexual de *C. ramosae* (L50) foi estimada em 140 mm para os machos e 120 mm para as fêmeas (Fig. 14 e 15).

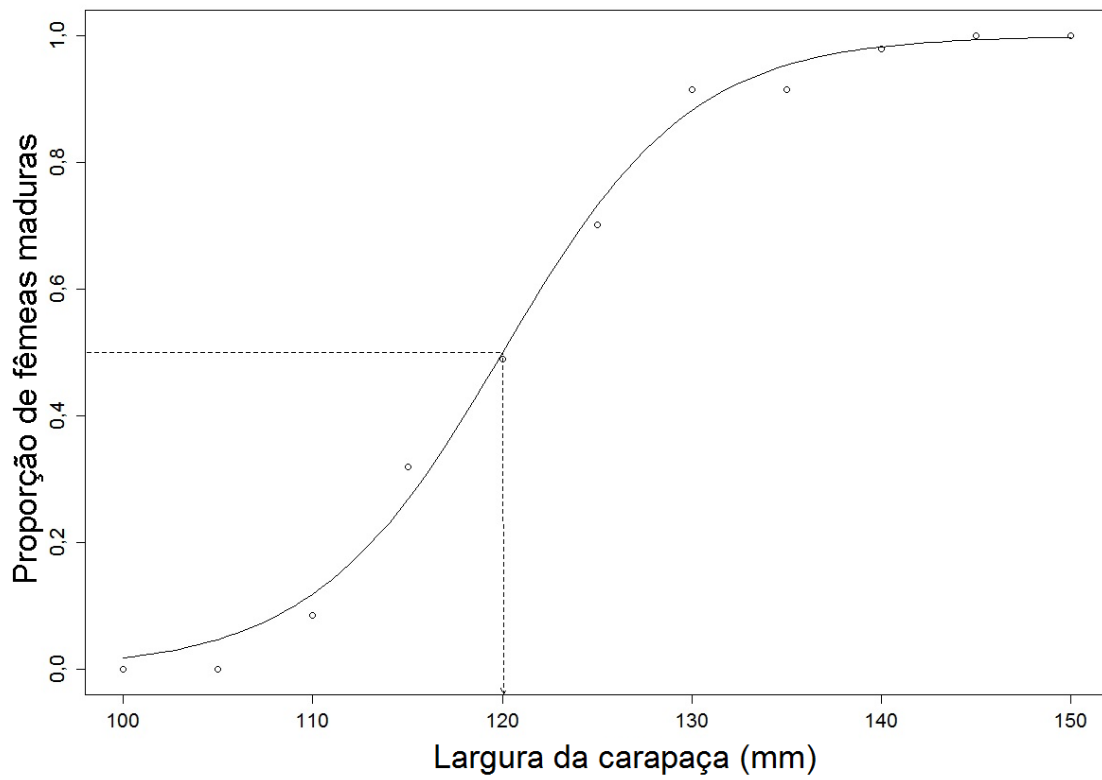


Figura 14: *Chaceon ramosae* - Frequência acumulada de fêmeas maduras (com vulva aberta ou ovígera) por classe de largura da carapaça. O L50 estimado é de 120 mm.

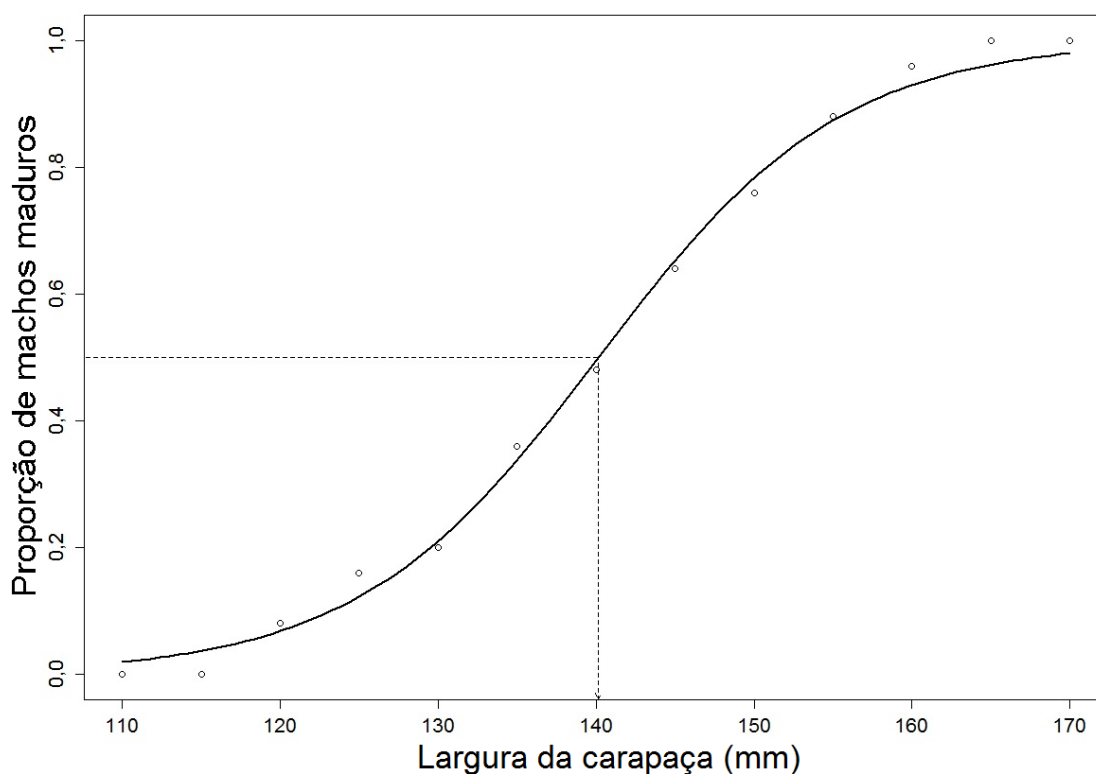


Figura 15: *Chaceon ramosae* - Frequência acumulada de machos maduros (com marcas de cópula) por classe de largura da carapaça. O L50 estimado é de 140 mm.

O tamanho estimado da maturidade sexual para as fêmeas e machos foi semelhantes aqueles indicados Pezzuto & Sant'Ana (2009), 122 mm para as fêmeas (considerando a presença de ovos aderidos aos pleópodos) e 136 mm para os machos.

4.1.4 Avaliação do ordenamento pesqueiro

A avaliação da eficácia das medidas de ordenamento das pescarias em águas profundas é recomendada pela FAO (2009), que estabelece que os países devem implantar sistemas de monitoramento da implementação de seus planos de gestão pesqueira, devendo ser assegurada a revisão periódica a partir dos melhores dados disponíveis. Neste sentido, sobre a validade da atual norma sobre a pesca de *C. ramosae* no Brasil (Instrução Normativa SEAP nº21, de 1º de dezembro de 2008), nossos resultados confirmam a necessidade de proibição de captura em áreas com menos de 500 metros de profundidade, considerando que as fêmeas ovígeras só foram coletadas em profundidades inferiores a 600 m. A captura descontrolada nesta área permitiria a

captura de fêmeas ovígeras, colocando em risco, com implicações negativas imediatas para o recrutamento. Em relação a proibição de pesca em menos de 700 m de profundidade no verão e outono, talvez possa ser revista, visto que as fêmeas ovígeras foram coletadas principalmente no inverno e sempre com menos de 600 m de profundidade. Contudo, deve-se considerar que apenas 17 fêmeas ovígeras foram amostradas em nossos cruzeiros. Desta forma, qualquer mudança no atual ordenamento desta pescaria, elaborado a partir do monitoramento das capturas feitas por barcos arrendados no início dos anos 2000 (Pezzuto *et al.*, 2006b), só poderá ser feito quando novos cruzeiros de pesquisa, com malha amostral mais ampla, produzam dados que subsidiem adequadamente o ordenamento pesqueiro, assegurando a manutenção e recuperação das populações de *C. ramosae*.

4.2 Abundância, distribuição e crescimento de *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* (Isopoda: Cirolanidae) no Sul do Brasil

4.2.1 Abundância sazonal, latitudinal e batimétrica

Foram capturados 663 indivíduos de *B. giganteus*, sendo 147 machos, 108 juvenis, 212 machos (187 imaturos e 25 maduros) e 196 fêmeas (131 imaturas e 65 maduras). De *B. miyarei* foram capturados 649 indivíduos, sendo 22 machos, 81 juvenis, 207 machos (196 imaturos e 11 maduros) e 339 fêmeas, todas imaturas.

As CPUEs registradas para cada categoria foram desiguais tanto em *B. giganteus* ($X^2 = 16,942$; gl = 5; $p = 0,0046$), onde o maior valor foi o de machos imaturos (22,13 ind. 6 h⁻¹) e o menor foi o de machos maduros (2,87 ind. 6 h⁻¹), como para *B. miyarei* ($X^2 = 93,109$; gl = 4; $p < 0,0001$), sendo as fêmeas imaturas mais abundantes (53,26 ind. 6 h⁻¹) e os machos maduros menos (1,61 ind. 6 h⁻¹).

Houve diferença entre as CPUEs registradas nas estações climáticas para *B. giganteus* ($F_{4,25} = 3,9230$; $p = 0,0132$), contudo ela só ocorreu entre os valores do inverno/09 e do inverno/10 ($p < 0,05$). Para *B. miyarei* não foi observada diferença entre as CPUEs registradas em cada estação ($H = 4,9800$; gl = 3; $p = 0,1733$) (Tab. 2).

Tabela 2: Captura por unidade de esforço (CPUE em número de indivíduos capturados a cada 6 horas de operação de pesca com 4 covos por linha madre) de *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* dividida por sexo e grupo etário em cada estação climática, setor latitudinal e gradiente batimétrico.

	Mancas		Juvenis		Machos imaturos		Machos maduros		Fêmeas imaturas		Fêmeas maduras	
	<i>B. giganteus</i>	<i>B. miyarei</i>	<i>B. giganteus</i>	<i>B. miyarei</i>	<i>B. giganteus</i>	<i>B. miyarei</i>	<i>B. giganteus</i>	<i>B. miyarei</i>	<i>B. giganteus</i>	<i>B. miyarei</i>	<i>B. giganteus</i>	<i>B. miyarei</i>
Inverno/09	0,57	2,08	0,38	9,09	1,32	24,23	0,00	1,32	2,27	34,45	1,51	0,00
Primavera	4,64	0,45	4,79	3,00	5,09	4,49	0,75	0,00	4,04	13,78	3,15	0,00
Verão	2,63	0,58	3,29	0,80	4,68	1,68	0,66	0,29	3,14	3,14	0,95	0,00
Outono	4,63	0,00	0,69	0,17	1,72	1,29	0,26	0,00	0,69	1,89	0,09	0,00
Inverno/10	3,46	0,00	3,16	0,00	9,32	0,00	1,20	0,00	6,16	0,00	3,31	0,00
Norte	6,41	0,00	1,18	0,00	5,65	0,00	0,34	0,08	2,53	0,08	0,25	0,00
Norte-central	5,72	0,00	3,68	1,09	7,22	2,18	0,82	0,14	5,99	1,63	1,63	0,00
Central	1,10	0,00	1,97	0,71	3,31	7,96	0,39	0,47	2,29	9,46	0,47	0,00
Sul-central	1,29	0,92	6,10	2,22	1,85	2,96	0,55	0,00	1,48	9,43	0,92	0,00
Sul	1,2	2,55	1,35	7,80	2,25	9,45	1,05	0,45	3,00	23,24	5,85	0,00
401-500	0,30	0,44	0,00	0,89	0,15	2,80	0,07	0,30	0,15	4,65	0,52	0,00
501-600	0,77	1,08	0,85	4,88	1,16	12,24	0,46	0,54	1,70	21,39	3,02	0,00
601-700	6,10	0,00	0,00	0,00	15,02	0,00	0,94	0,00	11,74	0,00	3,76	0,00
701-800	9,27	0,00	5,25	0,41	10,50	0,00	1,07	0,00	6,07	0,00	0,66	0,00
801-900	3,88	0,00	2,91	0,00	4,85	0,00	1,94	0,00	2,91	0,00	1,94	0,00
901-1000	1,40	0,94	14,03	0,47	2,34	0,00	0,47	0,00	2,34	0,00	0,47	0,00

Foram coletados machos e fêmeas de *B. giganteus*, de todos as categorias, em todas as estações do ano, com distribuição relativamente equitativa, exceto no outono, quando as mancas foram mais abundantes e as fêmeas maduras menos (Fig. 16).

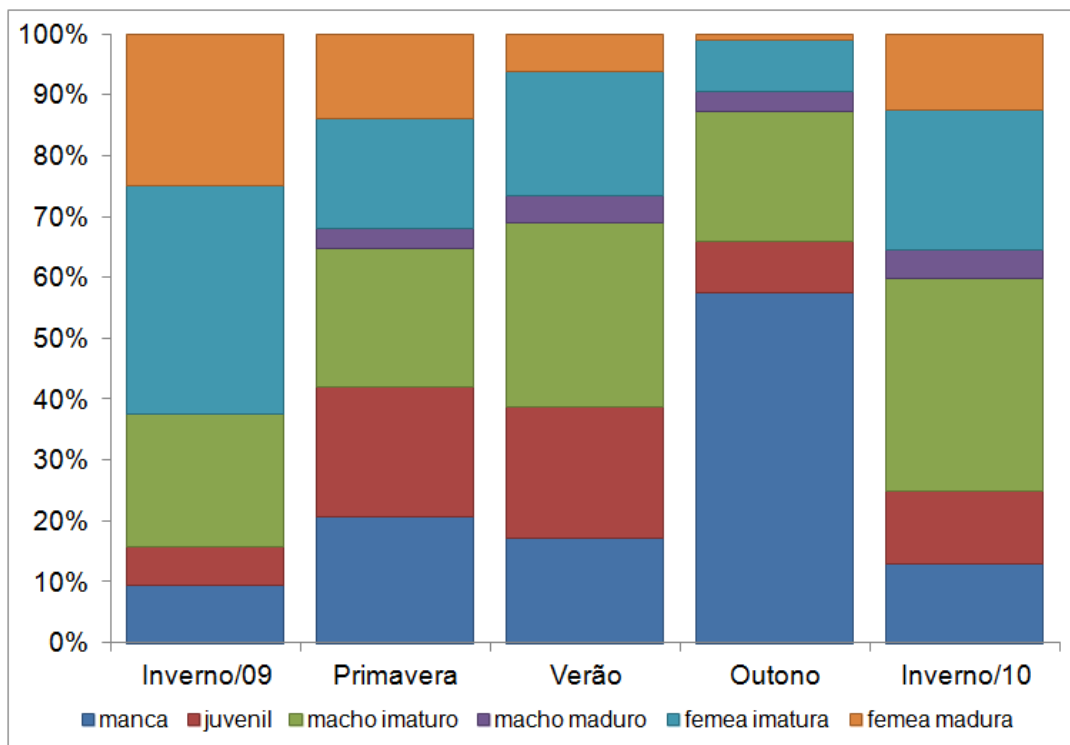


Figura 16: *Bathynomus giganteus* - Porcentagem de mancas, juvenis, machos e fêmeas em cada estação climática (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010).

As capturas de *B. myarei* foram irregulares, sem espécimes coletados no inverno/10 e ausência de fêmeas maduras (Fig. 17).

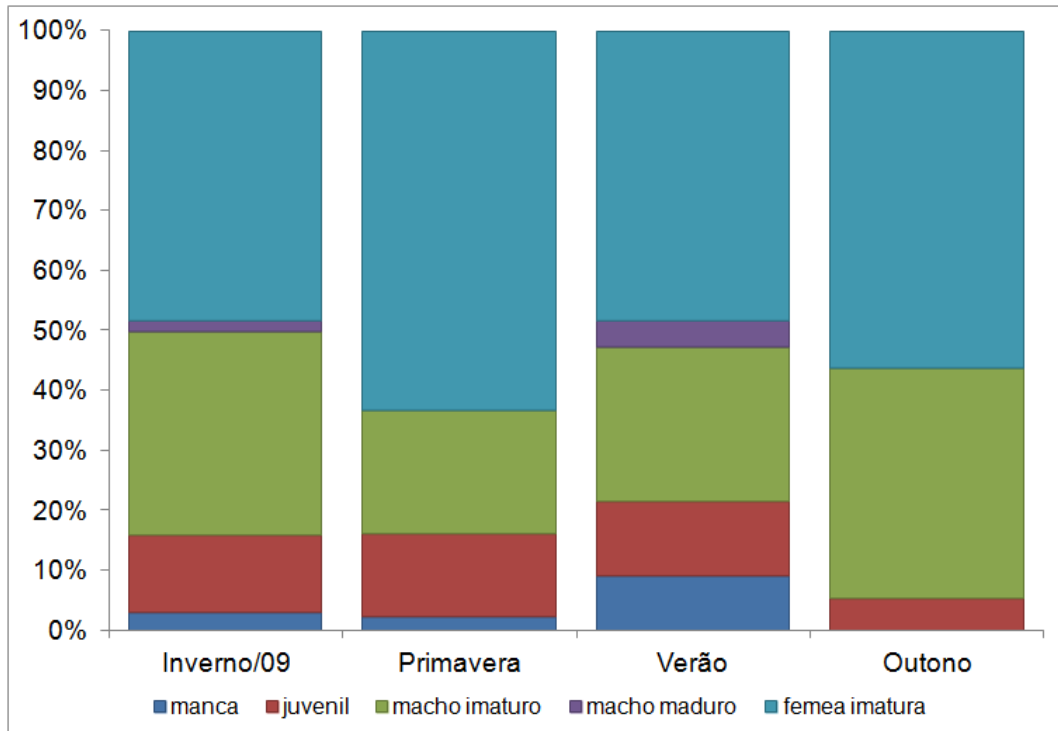


Figura 17: *Bathynomus miyarei* - Porcentagem de mancas, juvenis, machos e fêmeas em cada estação climática (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010). Não foram coletadas fêmeas maduras e nenhum espécime foi capturado no inverno de 2010.

As diferenças entre as capturas feitas no inverno/09 e no inverno/10 talvez possam ter ocorrido devido à amostragem de 2009 ter ocorrido apenas nos setores Central e Sul, e entre 501 e 600 m de profundidade. Em 2010, ocorreu em todos os setores latitudinais e gradiente batimétrico. Em relação ao esforço amostral, foram 31,7 horas no inverno/09 e 39,9 horas no inverno/10.

A comparação da participação relativa de cada espécie sobre o total de espécimes coletados em cada estação exibe a dominância de *B. giganteus* em 3 das 4 estações, sendo *B. miyarei* maioria apenas no inverno/09 (Fig. 18).

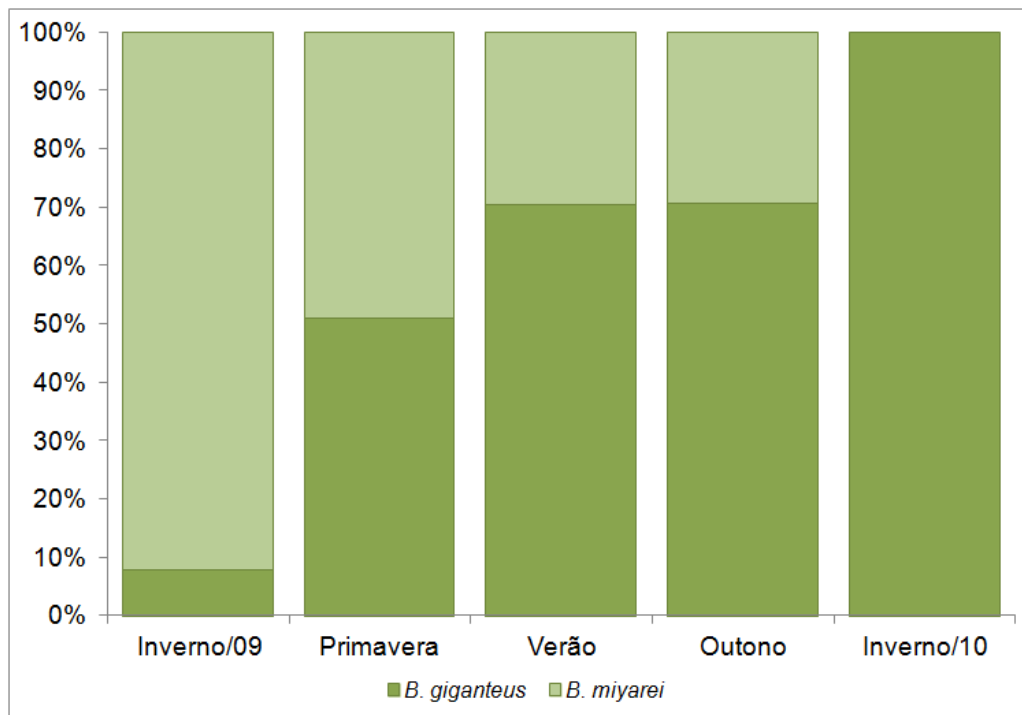


Figura 18: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Porcentagem em cada estação climática (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010).

Em relação às CPUEs registradas nos setores latitudinais, não houve diferença significativa entre as categorias, tanto para *B. giganteus* ($F_{4,25} = 1,2807$; $p = 0,3037$), como para *B. miyarei* ($H = 7,0768$; $gl = 4$; $p = 0,1319$) (Tab. 2). Sendo *B. miyarei* relativamente mais abundante nos setores Norte e Norte-central e *B. giganteus* nos demais setores (Fig. 19).

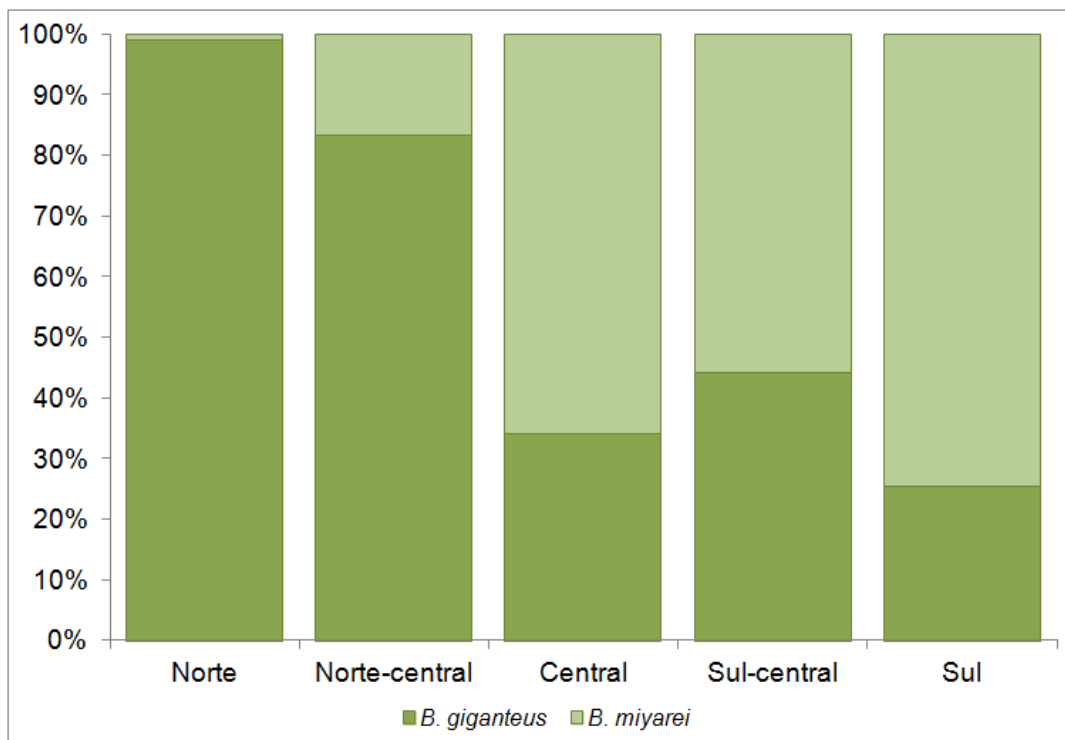


Figura 19: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Porcentagem em cada setor latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S).

Por outro lado, foi observada diferença entre as capturas nas diferentes profundidades para as duas espécies (Fig. 20). Para *B. giganteus* ($H = 15,7106$; $gl = 5$; $p = 0,0077$), a diferença foi entre a menor faixa batimétrica (401-500) e o intervalo entre 601 e 900 m de profundidade ($p < 0,05$). Em relação a *B. miyarei* a diferença entre as CPUEs ($H = 9,3267$; $gl = 3$; $p = 0,0252$) foi entre 501-600 e 701 e 800 m de profundidade ($p < 0,05$) (Tab. 2).

Foi observada relação entre o tamanho dos espécimes amostrados e a profundidade tanto para *B. giganteus* ($F = 55,59$; $p < 0,001$) como para *B. miyarei* ($F = 130,40$; $p < 0,0001$), com animais maiores em profundidades menores.

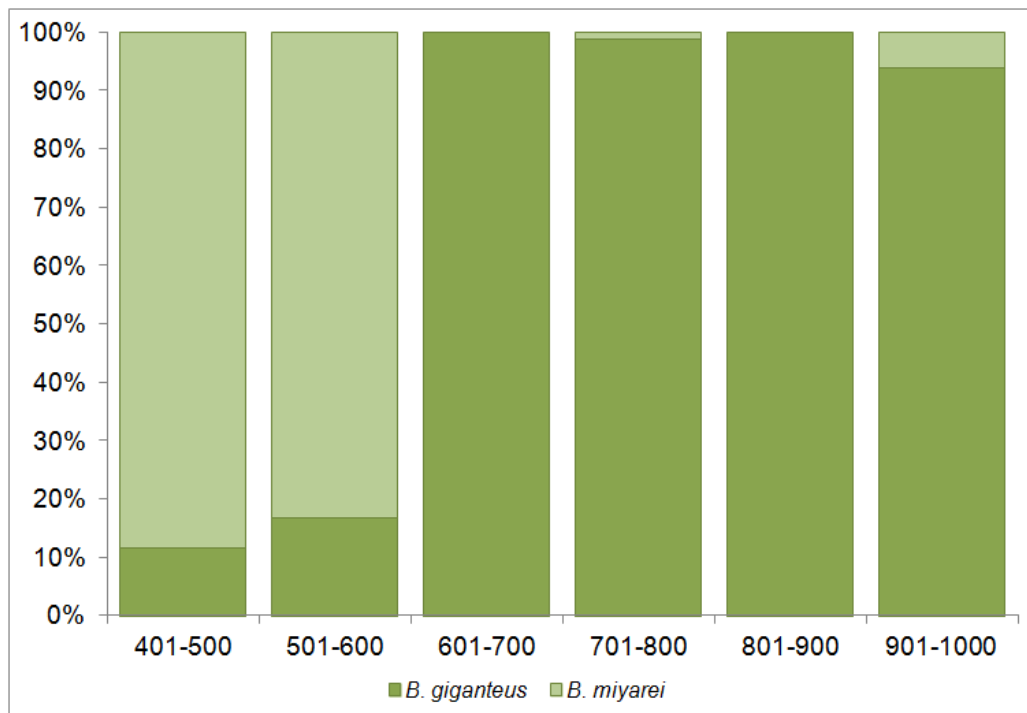


Figura 20: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Porcentagem em cada faixa batimétrica.

A maior captura de *B. giganteus* entre 601 e 700 m soma-se aos registros anteriores onde a maioria dos animais foram coletados entre 400 e 750 m (Holthuis & Mikulka, 1972; Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003). O registro de *B. miyarei* acima de 900 m, amplia a faixa batimétrica até agora considerada para a espécie, entre 230 e 800 m de profundidade (Magalhães & Young, 2003). Por outro lado, a maior abundância entre 400 e 600 m corrobora Soto & Mincarone (2001), que registraram maiores capturas entre 425 e 630 m.

A partir desta informação sobre a estratificação batimétrica de *B. giganteus* e *B. miyarei*, é possível estimar o impacto, em cada uma delas, das pescarias que capturam estes isópodos como *bycatch* e cuja quantificação *in loco* é no máximo genérica (Perez & Wahrlich, 2005).

Foi observada relação entre o tamanho dos indivíduos de cada espécie e a profundidade, sendo válida, *a priori*, a estratificação ontogenética vertical, em especial para *B. giganteus*, com animais maiores em profundidades menores. No caso de *B. miyarei*, deve ser considerado, contudo, que a amplitude batimétrica estudada, de 400 até 1000 m, talvez não tenha amostrado adequadamente a população. É provável que entre 200 e 400 m ocorra parcela importante da população de *B. miyarei*.

A maior abundância das manchas de *B. giganteus* entre 701 e 800 m da área

amostrada coaduna-se ao observado no Golfo do México, onde este grupo etário foi capturado somente entre 717 e 721 m de profundidade (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991). Os juvenis, por sua vez, foram mais capturados na faixa batimétrica de 900-1000 m. No caso de *B. miyarei*, como os animais foram registrados principalmente entre 400 e 600 m, com exceção de duas manchas em um juvenil entre 901 e 1000 m, não foi possível avaliar adequadamente sua distribuição.

A análise de agrupamento para *B. giganteus* revelou dois grupos principais (distância = 86.8), um formado por machos e fêmeas maduros e outro pelas demais categorias (manchas, juvenis machos e fêmeas imaturas), que foram divididos em dois outros grupos (distância = 75.9), um com manchas e machos imaturos e outro com juvenis e fêmeas imaturas (Fig. 21). Para *B. miyarei* as fêmeas imaturas (distância = 178,5) ficaram separadas das demais categorias, onde os machos imaturos (distância = 158,2) se distinguiram das manchas, machos maduros e juvenil (Fig. 22).

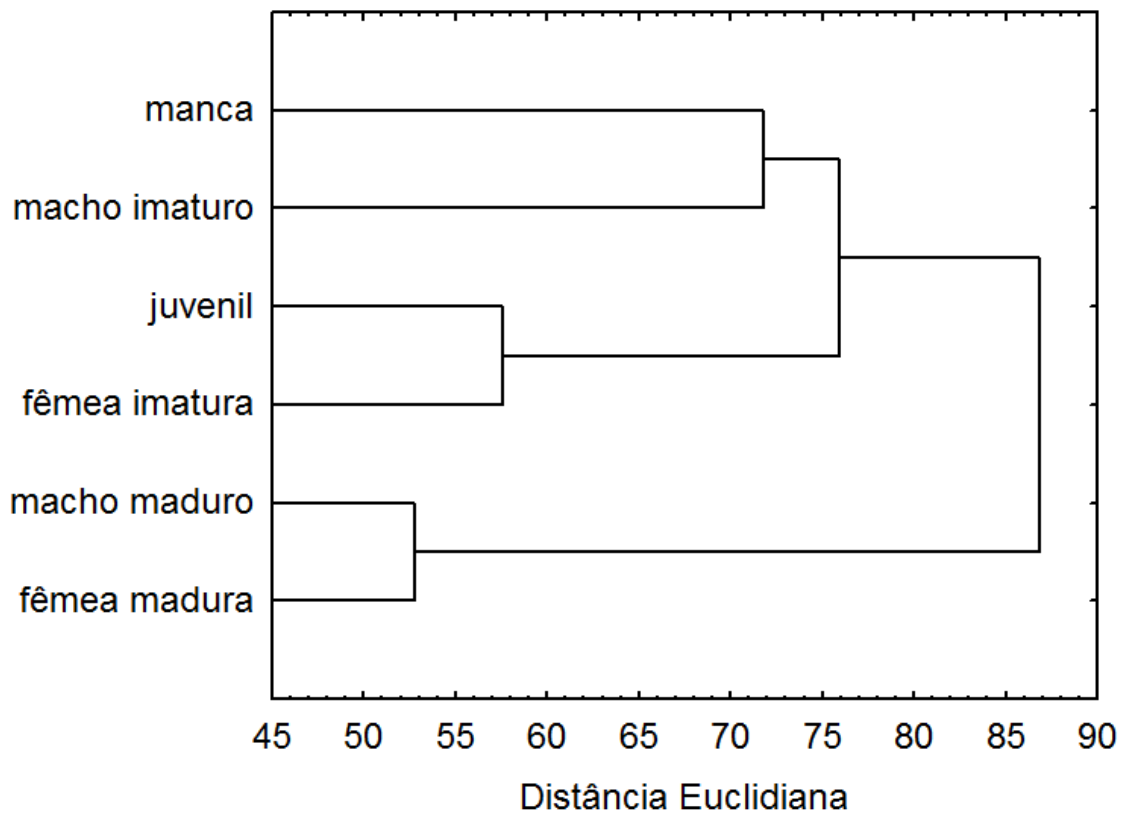


Figura 21: *Bathynomus giganteus* - Análise de agrupamento (UPGMA) de mancas, juvenis, machos imaturos, machos maduros, fêmeas imaturas e fêmeas maduras no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010).

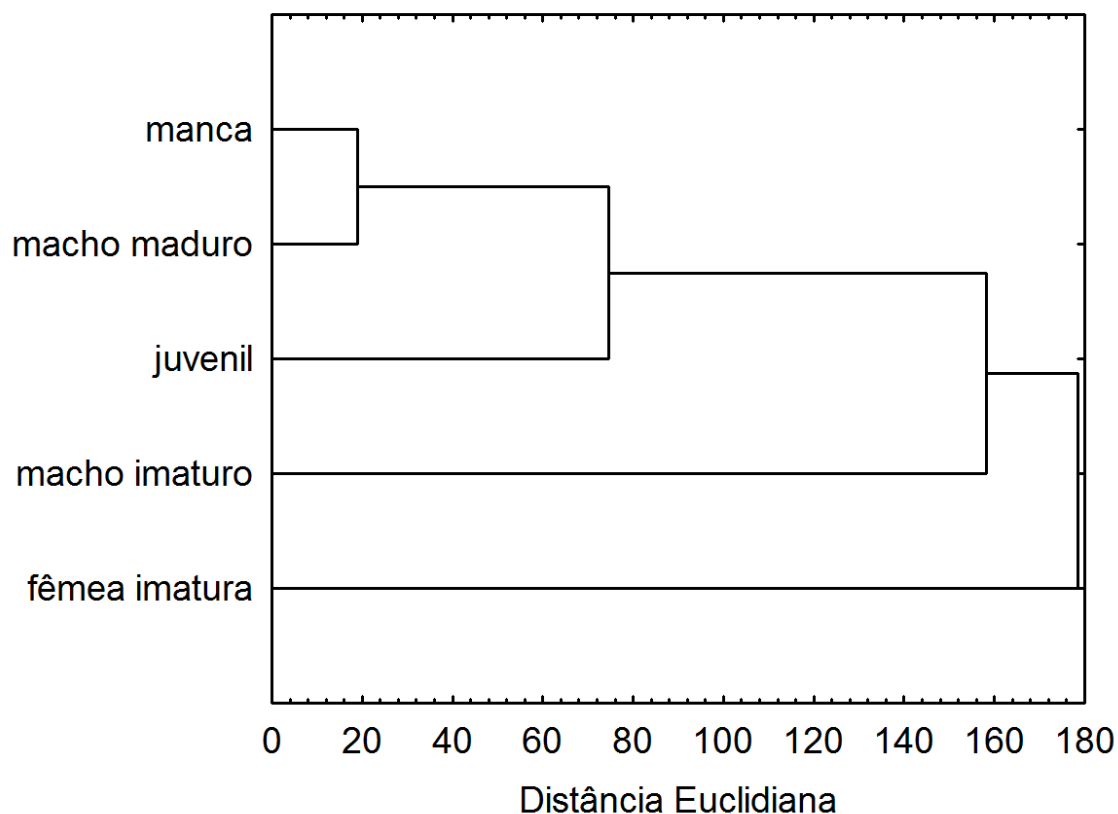


Figura 22: *Bathynomus miyarei* - Análise de agrupamento (UPGMA) de mancas, juvenis, machos imaturos, machos maduros e fêmeas imaturas no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010).

Se para *B. giganteus* a análise de agrupamento evidenciou a separação entre animais maduros e imaturos/mancas/juvenis, para *B. miyarei* isso não ocorreu, provavelmente por esta espécie ter sido registrada em um espectro menor de variação, tanto batimétrica como sazonal.

A análise de componentes principais da abundância de *B. giganteus* indicou que as mancas, fêmeas e machos imaturos distribuem-se de forma similar. Os dois eixos principais explicaram 74,93% da variação total (Fig. 23).

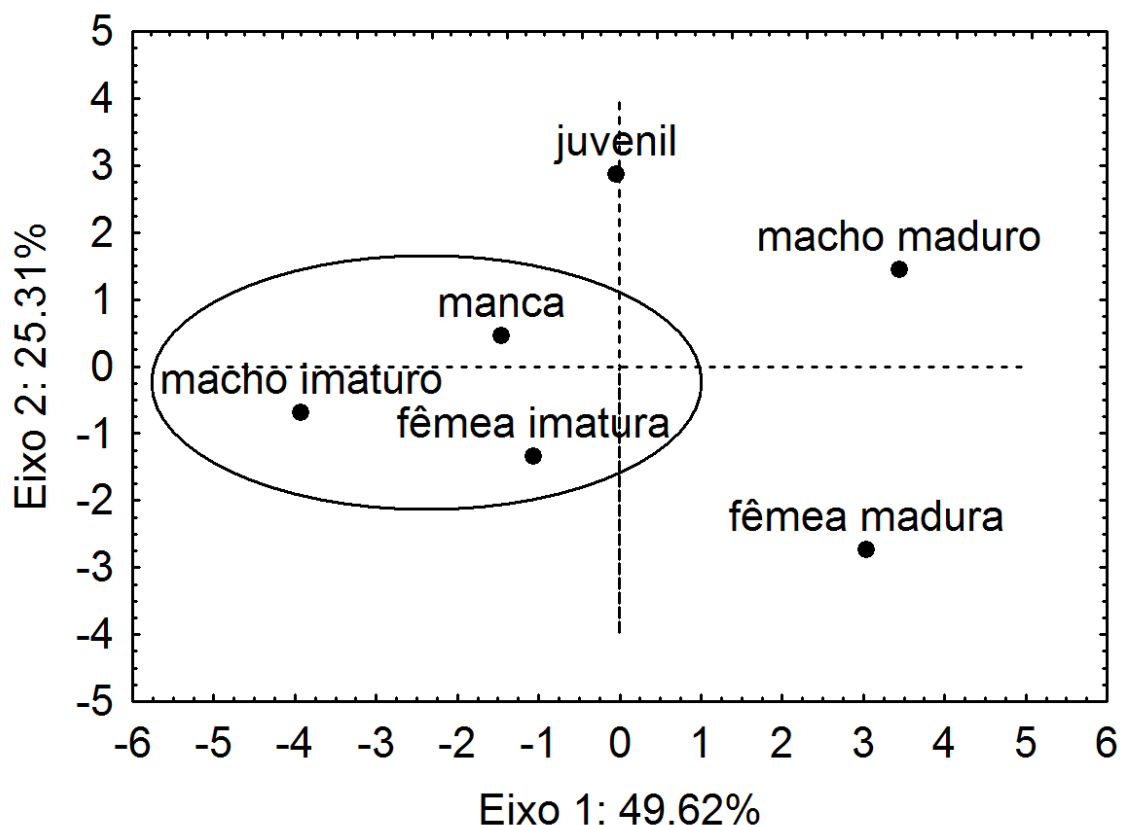


Figura 23: *Bathynomus giganteus* - Diagrama de ordenação (PCA) dos dados de abundância de mancás, juvenis, machos e fêmeas no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono e inverno/2010). Eixo 1 e 2 representam 74,93% da variação total.

Já a análise dos dados sobre *B. miyarei* indicou que 87,04% da variação total foi devido aos componentes 1 e 2 (Fig. 24). As variáveis que mais contribuíram com os eixos 1 e 2 em nas duas espécies foram a profundidade e as estações do ano.

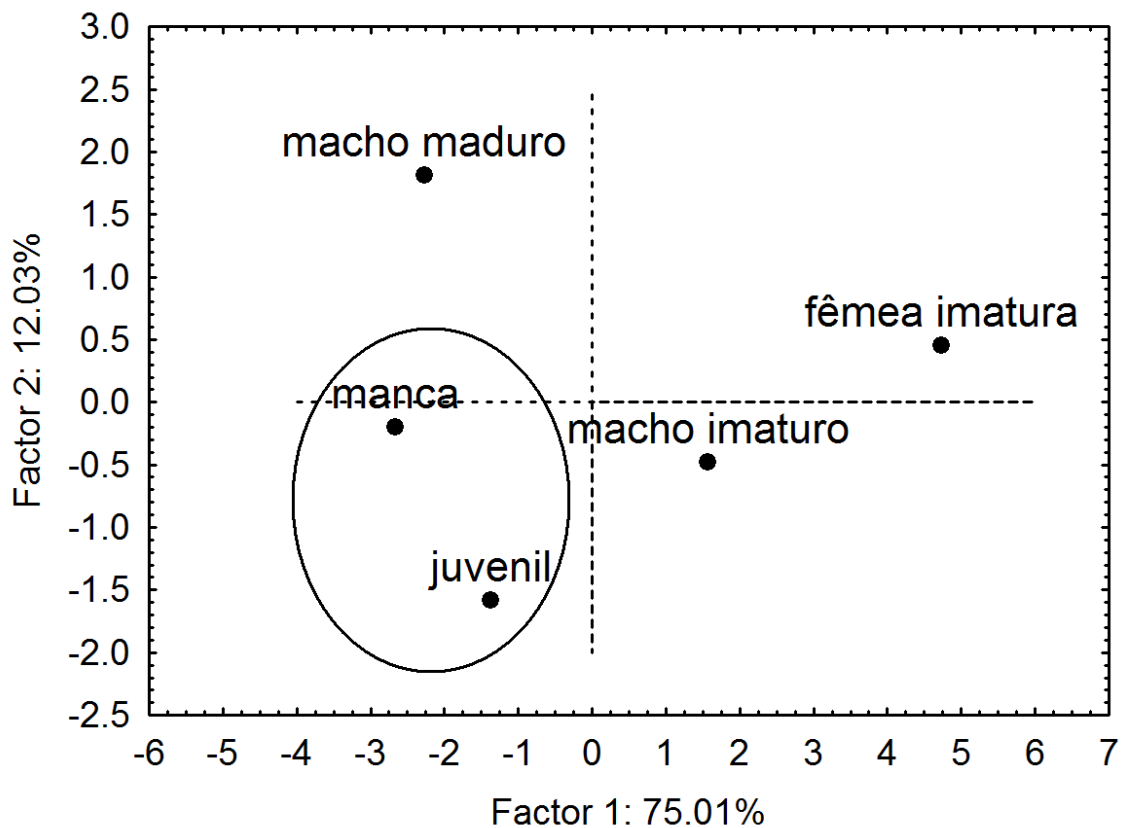


Figura 24: *Bathynomus miyarei* - Diagrama de ordenação (PCA) dos dados de abundância de mancás, juvenis, machos imaturos, machos maduros e fêmeas imaturas no gradiente latitudinal (Norte – 26°14'-26°18'S, Norte-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, Sul-central – 28°31'-28°45'S e Sul – 29°03'-29°05'S), batimétrico (entre 400 e 1000 m de profundidade) e sazonal (inverno e primavera/2009; verão, outono/2010).

De modo similar à análise de agrupamento, a análise de componentes principais indicou que os animais imaturos (mancas, fêmeas e machos imaturos) de *B. giganteus* distribuem-se de forma semelhante. O mesmo ocorreu para mancás e juvenis de *B. miyarei*. Portanto, além da estratificação vertical observada em relação ao tamanho dos espécimes, animais maduros e imaturos ocorrem em locais e épocas distintas. Esta informação é fundamental para a identificação e manejo de ecossistemas marinhos vulneráveis em regiões profundas (FAO, 2009), permitindo a gestão adequada de pescarias que impactam estas populações.

4.2.2 Proporção sexual e período reprodutivo

A proporção entre macho e fêmeas foi equitativa tanto para *B. giganteus* como para *B. miyarei* na maioria das estações, latitudes e batimetrias ($p > 0,005$).

Para *B. giganteus* os machos foram maioria no outono ($X^2 = 6,125$; $gl = 1$; $p = 0,0133$), no Norte ($X^2 = 13,885$; $gl = 1$; $p = 0,0002$) e entre 701-800 m de profundidade ($X^2 = 15,61$; $gl = 1$; $p < 0,0001$). Já as fêmeas foram mais numerosas no inverno/09 ($X^2 = 6,259$; $gl = 1$; $p = 0,0124$), no Sul ($X^2 = 16,901$; $gl = 1$; $p < 0,0001$) e entre 501-600 m de profundidade ($X^2 = 19,512$; $gl = 1$; $p < 0,0001$) (Tab. 3).

Tabela 3: *Bathynomus giganteus* - Razão sexual (machos/fêmeas) em cada estação climática, setor latitudinal e gradiente batimétrico. * = significativa.

Variável	Nº Machos	Nº Fêmeas	Razão Sexual	P
Inverno/09	7	20	0,3	0,0209*
Primavera	39	48	0,8	0,3911
Verão		56	1,3	0,1589
	73			
Outono	23	9	2,6	0,0216*
Inverno/10	70	63	1,2	0,6029
Norte	71	33	2,1	0,0003*
Norte-central	59	56	1,0	0,8521
Central	47	35	1,3	0,2245
Sul-central	13	13	1	1
Sul	22	59	0,4	<0,0001*
401-500	3	9	0,4	0,1489
501-600	21	61	0,3	<0,0001*
601-700	34	33	1	1
701-800	141	82	1,7	0,0001*
801-900	7	5	1,4	0,7728
901-1000	6	6	1	1

Em relação ao número de machos e fêmeas de *B. miyarei*, os machos foram mais abundantes no inverno/09 ($X^2 = 6,968$; $gl = 1$; $p = 0,0098$) e primavera ($X^2 = 31,508$; $gl = 1$; $p < 0,0001$), no setores Sul-central ($X^2 = 18,284$; $gl = 1$; $p < 0,0001$) e Sul ($X^2 = 35,842$; $gl = 1$; $p < 0,0001$), e na profundidade entre 501 e 600 m ($X^2 = 27,939$; $gl = 1$; $p < 0,0001$) (Tab. 4).

Tabela 4: *Bathynomus miyarei* - Razão sexual (machos/fêmeas) em cada estação climática, setor latitudinal e gradiente batimétrico. ^a = teste qui-quadrado com correção de Yates. * = significativo. Não foram coletados machos ou fêmeas de espécimes de *B. miyarei* nas estações e profundidades indicadas com traço (-), contudo, foram coletadas duas manchas e um juvenil entre 901-1000.

Variável	Nº Machos	Nº Fêmeas	Razão Sexual	P
Inverno/09	135	182	0,7	0,0098*
Primavera	30	92	0,3	<0,0001*
Verão	27	43	0,6	0,0730
Outono	15	22	0,7	0,3239
Inverno/10	0	0	-	-
Norte	1	1	1	0,0261 ^a
Norte-central	17	12	1,4	0,4576
Central	107	120	0,9	0,4258
Sul-central	16	51	0,3	<0,0001*
Sul	66	155	0,4	<0,0001*
401-500	42	63	0,7	0,0510
501-600	165	276	0,6	<0,0001*
601-700	0	0		
701-800	0	0		
801-900	0	0		
901-1000	0	0		

A proporção equitativa entre macho e fêmeas, tanto para *B. giganteus* como para *B. miyarei*, na maioria das estações, latitudes e profundidades, está de acordo com o que foi observado no Golfo do México para *B. giganteus* (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez 1991).

Como não foram coletadas fêmeas ovígeras durante o período amostral, tanto de *B. giganteus* como de *B. miyarei*, não foi possível indicar diretamente o período reprodutivo. Contudo, a presença de fêmeas de *B. giganteus* com oostegitos funcionais em todas as amostragens, bem como a presença de manchas e juvenis, pode indicar a existência de fêmeas ovígeras também durante todo o ano (Fig. 25 e 26).

No leste de Taiwan também não foi observada sazonalidade na atividade reprodutiva de *B. doederleini* (Soong & Mok, 1994). Contudo, a maior CPUE de manchas e juvenis de *B. giganteus* durante a primavera pode estar relacionada a uma maior atividade reprodutiva nas estações anteriores, outono e inverno. No Golfo do

México a maioria das manca também foi coletada na primavera (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 2003). Já as maiores CPUEs de manca e juvenis de *B. miyarei* foram registradas no inverno/09, sendo o pico reprodutivo atribuído ao verão e outono.

Existem na literatura os registros de apenas duas fêmeas ovígeras de *Bathynomus* spp., uma capturada no Golfo de Bengala, em Mianmar, com 202 mm de comprimento carregando 26 ovos esféricos amarelos com 11 mm de diâmetro, além de 8 já rompidos (Lloyd, 1908). O outro registro foi feito no Golfo do México a partir de uma fêmea com 235 mm de comprimento que carregava 32 ovos entre 13 e 11 mm de diâmetro (Schmitt, 1931 *apud* Holthuis & Mikulka, 1972).

A hipótese mais aceita para a ausência de capturas de fêmeas ovígeras é a existência de um comportamento de reclusão em buracos escavados no substrato e a interrupção da busca por alimento durante a incubação, o que diminui sua suscetibilidade às armadilhas iscadas empregadas nas amostragens (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991).

A sobrevivência durante longos períodos sem busca de alimento é viabilizada pela capacidade de *Bathynomus* spp. armazenarem reservas orgânicas no hepatopâncreas (lipídios 40 - 65%) (Tso & Mok, 1991), na glândula intestinal (49% de lipídios, 34,2% de proteína, 4,8% de carboidratos) e nos adipócitos encontrados em todo o corpo (56,4% de lipídeos, 29,0% de proteína, 2,8% de carboidratos) (Biesiot *et al.*, 1999).

A capacidade de ingerir grande quantidade de alimento em pouco tempo foi observada nos animais capturados em nossos covos, quando devoravam completamente as iscas utilizadas, fazendo com que o estômago ficasse distendido, projetando-se e tornando convexa a parte ventral dos animais.

Em *B. doederleini* Ortmann, 1894 foram identificadas estruturas no trato digestório, como projeções e válvulas, que facilitam o processamento do alimento. Além de enzimas secretadas pelo hepatopâncreas que aceleram a digestão (Tso & Mok, 1991).

Embora no mar profundo não ocorram mudanças na temperatura ou no fotoperíodo, a ausência de mudanças nestes ambientes tem sido refutada (Morales-Nin & Panfili, 2005; Danovaro *et al.*, 2014), sendo evidenciado em algumas regiões o aporte sazonal de alimento na forma de carbono orgânico particulado. Esse recurso é utilizado pela fauna bentônica para manutenção (respiração) e crescimento (McClain *et al.*, 2012; Rowe, 2013), de modo que a maturação sexual provavelmente é influenciada e

sincronizada com a disponibilidade de alimento (Rosa & Nunes, 2003).

Neste sentido, é provável que os picos reprodutivos atribuídos para *B. giganteus* e *B. miyarei* devam estar relacionados à maior disponibilidade de alimento durante algum período. Contudo, não dispomos de dados sobre o fluxo de carbono orgânico particulado ou o afundamento de carcaças na área amostrada que nos permita discutir com maior profundidade esta questão. Estes eventos são regulados por uma série de fenômenos, um deles, por exemplo, é produzido por massas de água convergentes que arrastam pequenos animais com pouca habilidade natatória em direção ao fundo (Bakun, 2006), podendo ser predados por carnívoros oportunistas como *Bathynomus* spp.. Esses processos têm sido apontados como responsáveis pela flutuação nas biomassas de populações de águas profundas no talude continental do Sul do Brasil (Fischer, 2012).

Para animais considerados gigantes, ou supergigantes como *B. giganteus* (Lowry & Dempsey, 2006), e que apresentam boa mobilidade, capacidade de ingerir grande quantidade de alimento em pouco tempo e armazenar reservas orgânicas (Biesiot *et al.*, 1999), sobreviver durante longos períodos sem novo aporte de alimento não seria uma limitação. Desta forma, o afundamento de grandes carcaças, tanto pela morte natural como também pelo descarte da fauna acompanhante da pesca industrial, talvez seja fator preponderante, favorecendo a existência de fêmeas ovígeras durante todo o ano. O descarte feito apenas pela pesca de arrasto na plataforma continental no Sul do Brasil, por exemplo, é estimado em aproximadamente 20 mil toneladas por ano (Kelleher, 2005). Já na mesma área e profundidade em que ocorre *B. giganteus* e *B. miyarei*, apenas em 14 cruzeiros de pesca de emalhe, foram descartados 248 espécimes, entre tartarugas, aves e cetáceos (Perez & Wahrlich, 2005).

Além destes processos, o aumento da produtividade primária sobre o talude continental superior no inverno e primavera (Odebrecht & Castello, 2001), e o aumento do zooplâncton na primavera e verão (Duarte *et al.*, 2014), podem favorecer a sobrevivência e o crescimento das manchas e juvenis no período, embora não tenham acesso direto a esta fonte, mas indiretamente.

4.2.3 Maturidade sexual

A partir do comprimento dos 25 machos maduros de *B. giganteus* coletados foi estimada a maturidade sexual para a classe de 340-345 mm de comprimento total. Para as fêmeas a maturidade sexual foi estimada entre 280-290 mm.

Para os machos de *B. miyarei* foi estimada a maturidade para a classe de 225-230 mm. Como não foram amostradas nenhuma fêmea madura (com oostegítos funcionais), não foi possível estimar o tamanho da maturidade sexual para as fêmeas.

O tamanho da maturidade sexual dos machos e das fêmeas de *B. giganteus* são semelhantes aos observados na população do Golfo do México, onde o menor macho maduro tinha 210 mm e a menor fêmea madura 190 mm (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991). Já Schmitt (1931 *apud* Holthuis & Mikulka, 1972) coletou uma fêmea ovígera com 235 mm no Golfo do México.

A estimativa da maturidade sexual das fêmeas foi feita a partir do registro de fêmeas com oostegítos, uma característica temporária relacionada à incubação dos embriões sendo perdida após este período (Subramoniam, 2017). Apesar disso, e supondo que sejam iteróparas, é provável que fêmeas que não apresentaram oostegítos, mas com tamanho superior à menor fêmea registrada com estas estruturas, já tenham tido algum evento reprodutivo.

Semelhante ao observado por Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez (1991), também não foram encontrados estágios intermediários no crescimento dos oostegítos, sugerindo que eles se tornam funcionais após uma única muda parturial.

4.2.4 Tamanho, crescimento e longevidade

A amplitude de tamanho total dos indivíduos da espécie *B. giganteus* foi de 50 (manca) a 405 mm (macho maduro). Nas mancas o comprimento total variou de 50 até 133 mm e nos juvenis de 54 até 130 mm. Os machos imaturos variaram de 68 até 300 mm e as fêmeas imaturas de 76 a 272 mm. Os machos e fêmeas maduros variaram de 235 até 405 mm e 170 até 392 mm, respectivamente. Os espécimes de *B. miyarei* variaram de 31 (manca) a 265 mm (macho maduro). O comprimento das mancas variou de 31 a 55 mm e dos juvenis de 48 a 74 mm. Os machos e fêmeas imaturos variaram de 64 a 239 mm e 62 a 194 mm, respectivamente. O comprimento dos machos maduros variou de 203 a 265 mm (Fig. 25).

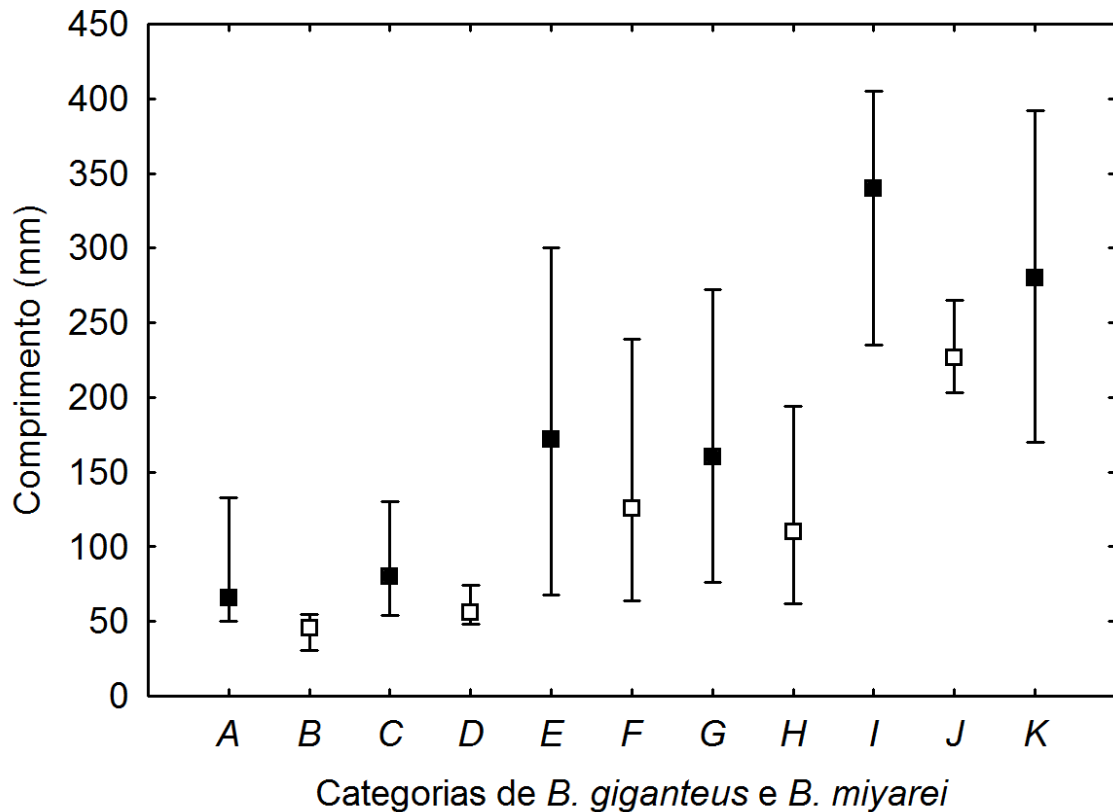


Figura 25: *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* - Comprimento total médio, mínimos e máximos de *B. giganteus* (quadrados pretos) e *B. miyarei* (quadrados brancos): A - manca (média = 66 mm), B - manca (46 mm), C - juvenil (80,5 mm), D - juvenil (56 mm), E - macho imaturo (172 mm), F - macho imaturo (126 mm), G - fêmea imaturo (160 mm), H - fêmea imatura (110 mm), I - macho maduro (340 mm), J - macho maduro (227 mm). K - fêmea madura (280 mm). Não foram capturadas fêmeas maduras da espécie *B. miyarei*.

Para a análise do crescimento de *B. giganteus* foram considerados 467 machos e 451 fêmeas. Para a estimativa da curva de crescimento de *B. miyarei* foram 310 machos e 442 fêmeas. A distribuição em classes de comprimento a cada estação gerou os histogramas para machos e fêmeas (Fig. 26 e 27).

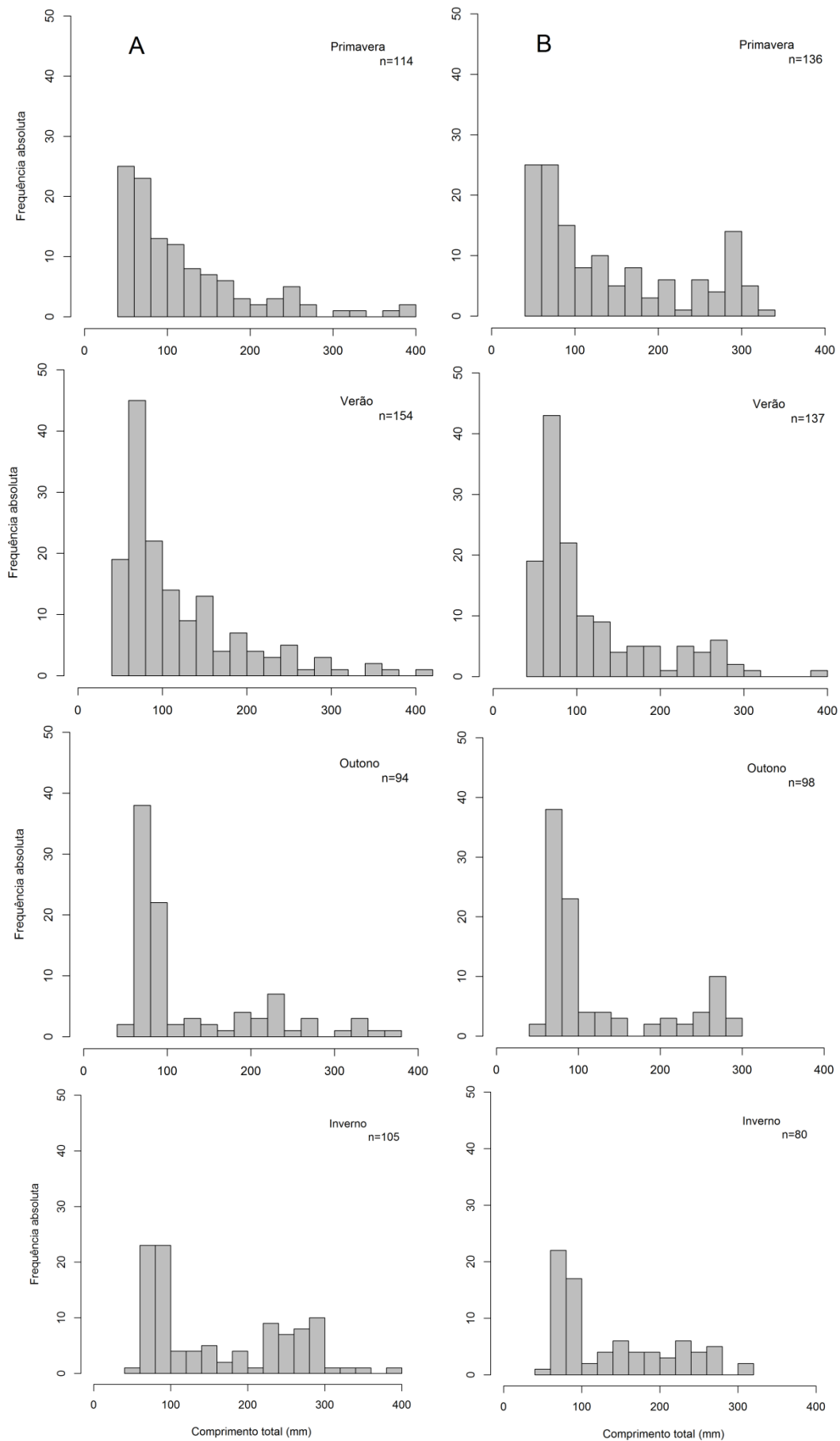


Figura 26: *Bathynomus giganteus* - histogramas sazonais de distribuição dos machos (A) e fêmeas (B) em classes de tamanho (20 mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

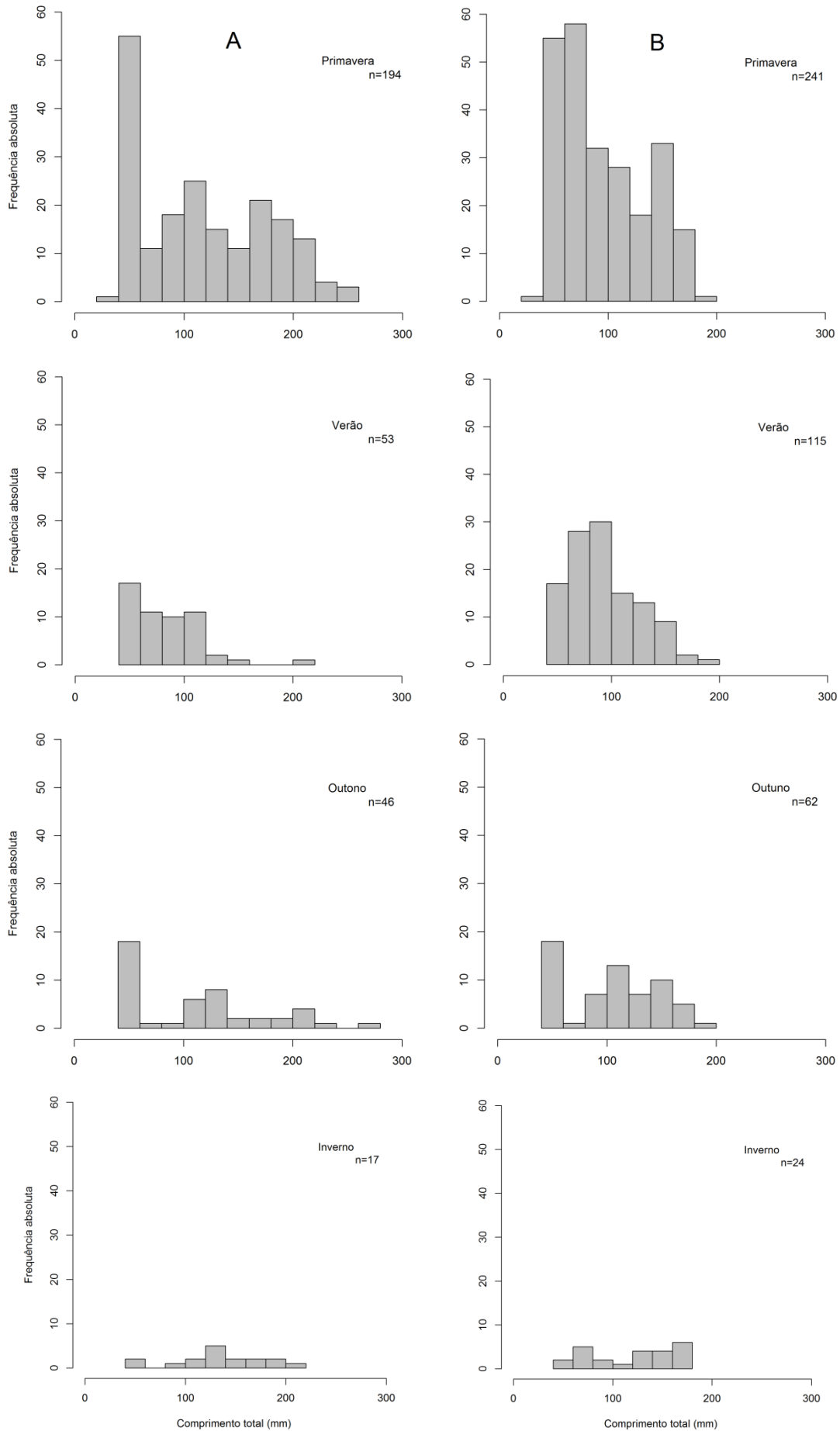


Figura 27: *Bathynomus miyarei* - histogramas sazonais de distribuição dos machos (A) e fêmeas (B) em classes de tamanho (20 mm).

O ajuste dos dados ao modelo de crescimento de von Bertalanffy possibilitou a determinação do tamanho assintótico (C_{∞}) e da constante de crescimento (k) para cada sexo. O “ C_{∞} ” dos machos (426 mm) de *B. giganteus* foi superior ao das fêmeas (417 mm), ocorrendo o mesmo com os valores de “ k ” (0,49 e 0,39, respectivamente). A longevidade ($t_{\text{máx}}$) dos machos foi estimada em 6 anos, sendo inferior à das fêmeas (7,5 anos) (Fig. 28 e 29).

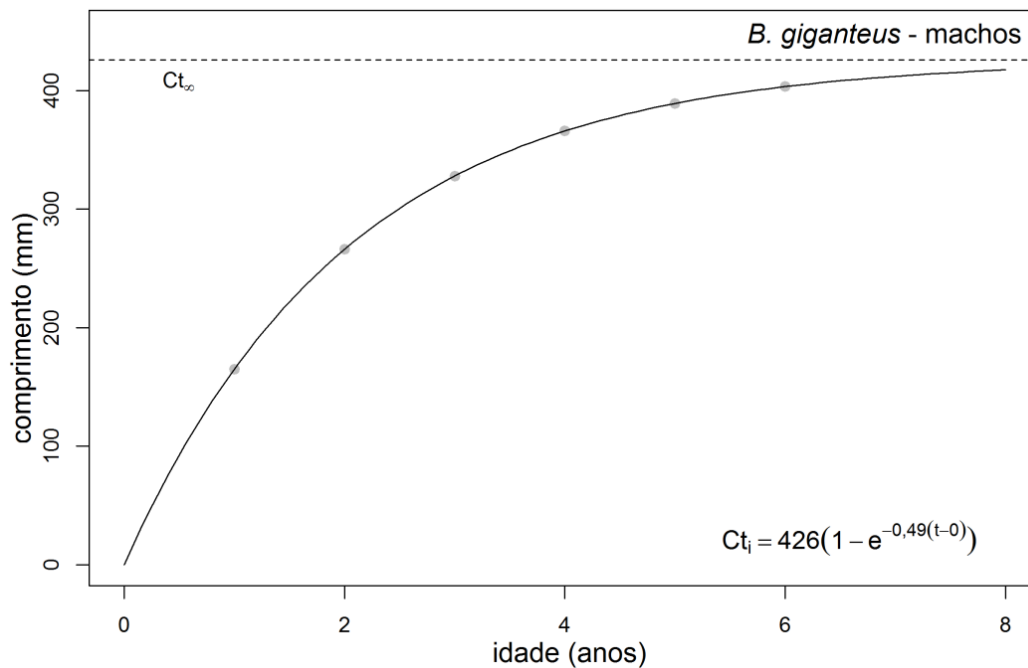


Figura 28: *Bathynomus giganteus* - Curva de crescimento para os machos segundo o modelo de von Bertalanffy.

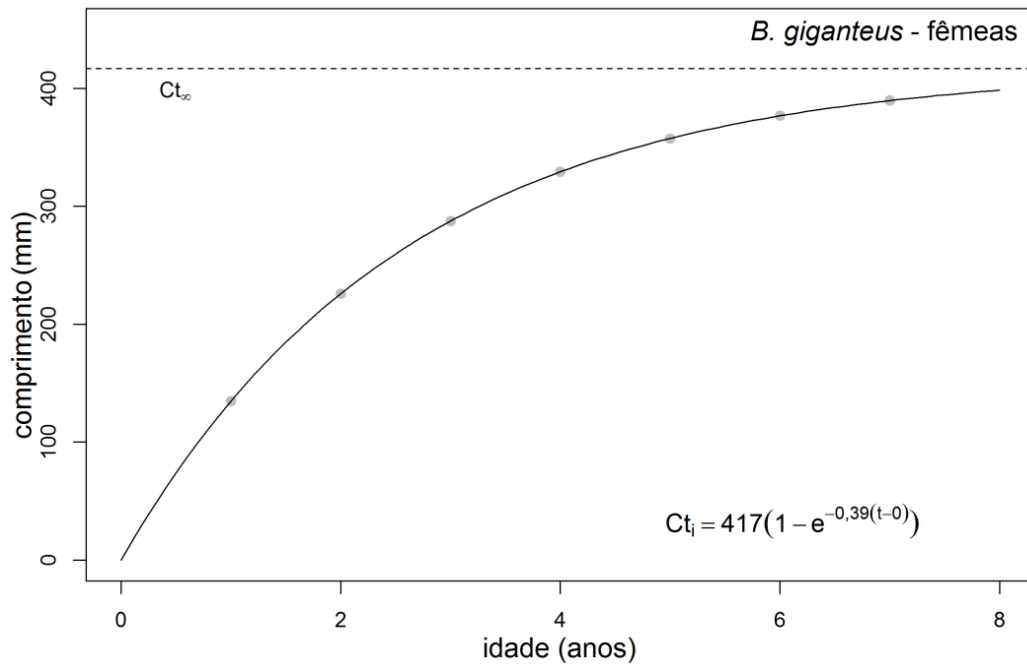


Figura 29: *Bathynomus giganteus* - Curva de crescimento para as fêmeas segundo o modelo de von Bertalanffy.

A curva de crescimento calculada para *B. miyarei* também estimou o tamanho assintótico (C_{∞}) para os machos (279 mm) superior ao das fêmeas (204 mm), já o coeficiente de crescimento (k) foi maior nas fêmeas (0,49) do que nos machos (0,33), sendo a longevidade ($t_{\text{máx}}$) estimada em 9 anos para os machos e 6 anos para as fêmeas (Fig. 30 e 31). Entretanto, é importante considerar que a falta de amostragem de fêmeas maduras deve ter subestimado a curva de crescimento, com efeito semelhante sobre as estimativas de tamanho assintótico e longevidade. Apesar disso, fornece uma aproximação razoável em relação aos parâmetros citados.

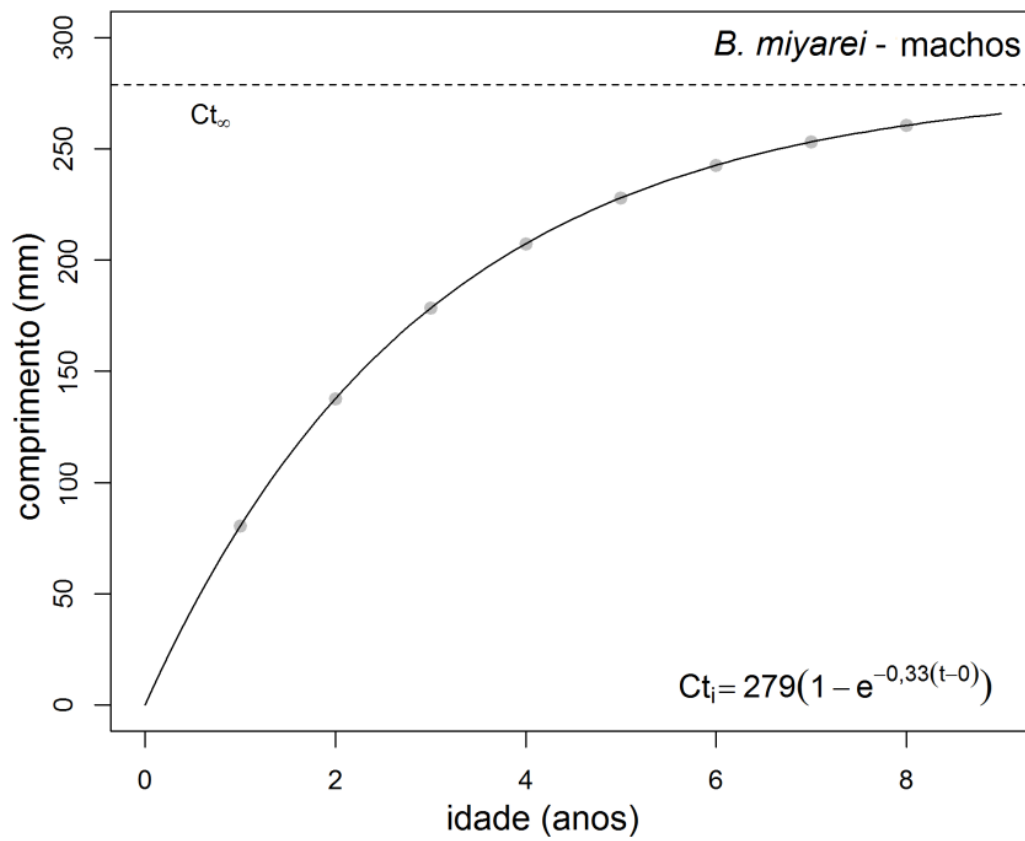


Figura 30: *Bathynomus miyarei* - Curva de crescimento para os machos segundo o modelo de von Bertalanffy.

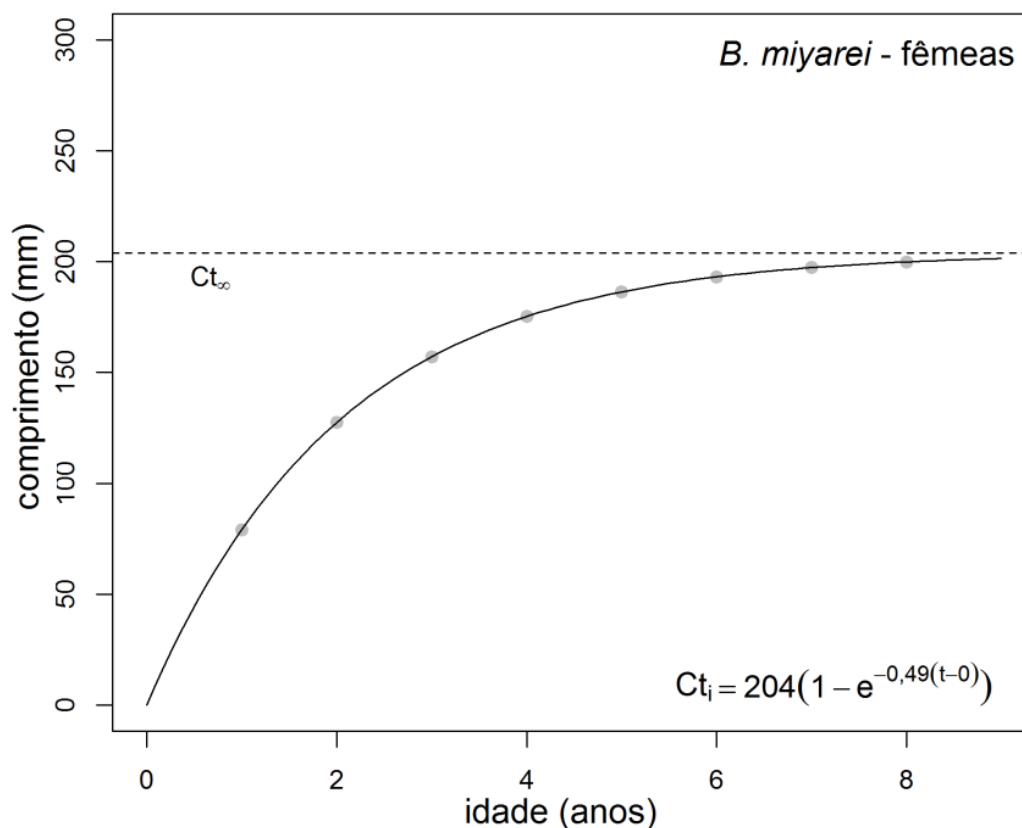


Figura 31: *Bathynomus miyarei* - Curva de crescimento para as fêmeas segundo o modelo de von Bertalanffy.

A partir da equação que descreve o crescimento das fêmeas de *B. giganteus* foi possível estimar que a maturidade sexual ocorre, em média, por volta do 2.º ano de vida. Considerando que a menor (170 mm) e a maior fêmea madura (392 mm) amostradas, podemos estimar que a maturidade sexual se dá entre 1,2 anos (460 dias) e 3 anos (1062 dias). Em relação aos machos, esta estimativa fica em pouco mais de 2 anos, variando entre 1,5 anos (518 dias) e 2,5 anos (894 dias), quando considerado o menor (235 mm) e o maior (405 mm) macho maduro amostrado. Para *B. miyarei* a idade da maturidade sexual dos machos foi estimada em aproximadamente 3 anos.

O tamanho médio de *B. giganteus* foi superior ao de *B. miyarei* em todas as categorias, corroborando as observações de Soto & Mincarone (2001) onde a maior frequência de *B. giganteus* ocorreu na classe de comprimento de 251-300 e de *B. miyarei* na de 101-150 mm. Em relação ao tamanho de *B. giganteus*, McClain *et al.* (2015), a partir da análise de dados biométricos disponíveis na literatura, indicaram como tamanhos mais frequentes nas amostragens aqueles entre 220 e 280 mm, sendo os machos maiores que as fêmeas. Este aspecto foi reforçado por nossos dados, tanto pelas

médias calculadas como pelos valores de comprimentos máximos estimados para cada um dos sexos. O mesmo ocorreu com *B. miyarei*. Portanto, embora morfológicamente muito semelhantes, as duas espécies são diferentes em relação ao tamanho máximo que atingem, bem como o tamanho médio de cada um dos sexos e categorias.

Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, (1991), que coletaram 1651 espécimes no Golfo do México, amostraram um macho de *B. giganteus* com 365 mm de comprimento. Embora seja citada a captura no Brasil de um espécime com 500 mm (Lowry & Dempsey, 2006) a publicação deste dado ou tombamento deste animal em alguma coleção são desconhecidos. Desta forma, o maior exemplar registrado para a espécie, tombado no Museu Oceanográfico Univali (MOVI, Piçarras, SC), é um macho com 421 mm amostrado no sul do Brasil (Soto & Mincarone, 2001). Este valor é próximo aquele estimado por nós para os machos a partir da curva de crescimento ($C_{\infty} = 426$ mm), que foi superior ao valor estimado para as fêmeas (417 mm). O mesmo ocorreu com a taxa de crescimento ($k=0,49$ e $0,39$, respectivamente), de modo que a longevidade máxima estimada para os machos (6,1 anos) foi inferior à das fêmeas (7,7 anos).

O crescimento diferenciado entre machos e fêmeas já era esperado, na medida em que o crescimento e a reprodução são antagonistas, de modo que a energia utilizada pelas fêmeas na produção dos ovos fica indisponível para o crescimento somático (Hartnoll, 1982). O crescimento mais lento também pode ser resultado da redução da alimentação durante a incubação dos ovos (Hartnoll, 2006), o que parece ser o caso das fêmeas de *B. giganteus* (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991). Por outro lado, ainda não foi identificado nos machos qualquer indício de comportamento de guarda pré-copulatório, embora já tenha sido registrado em muitos isópodos aquáticos, o que acarreta grande gasto energético para ambos os sexos (Sparkes *et al.*, 1996; Zimmer, 2001).

Embora as taxas de crescimento calculadas para *B. giganteus* e para *B. miyarei* tenham limitações por não considerar, por exemplo, a influência de mudanças sazonais sobre o crescimento (Chang *et al.*, 2012), o valor obtido coaduna-se ao padrão esperado, no qual espécies que habitam regiões profundas geralmente exibem taxas de crescimento mais baixas do que as espécies de profundidades menores (Company & Sardà, 2000). O também isópodo cirolanídeo *Excirrolana braziliensis* Richardson, 1912, que habita praias arenosas, por exemplo, apresenta taxa de crescimento anual de aproximadamente 1 mm (Fonseca *et al.*, 2000; Defeo & Martínez, 2003). Entretanto, Company & Sardà (2000) constataram que mesmo espécies de águas profundas, mas

com hábitos diferentes, apresentam diferenças nas taxas de crescimento, sendo as taxas de crescimento de espécies estritamente bentônicas (e.g. *Geryon longipes*, $k = 0,54$; *Munida tenimana*, $k = 0,40$), em média, menores e os comprimentos máximos (C_{∞}) maiores do que as espécies mesopelágicas (e.g. *Sergestes arcticus*, *Pasiphaea multidentata*) e nectobênticas (e.g. *Aristeus antennatus*, *Plesionika edwardsi*).

O crescimento lento, a grande longevidade e os períodos de baixa mobilidade das fêmeas ovígeras, inferidos para *B. giganteus* e *B. miyarei* resultam da diminuição do metabolismo, característica necessária e já verificada em outros animais gigantes que vivem em locais com poucos ou intermitentes recursos alimentares (Vermeij, 2016). Este gigantismo, por sua vez, confere vantagem na obtenção de alimento a partir de fontes efêmeras, como o afundamento de carcaças. Contudo, espécies que apresentam estas características, quando são alvo ou *bycatch* de pescarias, costumam sofrer declínio rápido e acentuado em sua biomassa (Rogers *et al.*, 2008; Clark *et al.*, 2016), o que pode levá-las ao risco de extinção, situação ainda não avaliada em *B. giganteus* e *B. miyarei*.

Nas regiões profundas dos oceanos, com temperaturas baixas e praticamente nenhuma produtividade, ainda se sabe pouco sobre o fluxo de energia e matéria e quais consequências terão as mudanças climáticas sobre a estrutura das comunidades (McClain *et al.*, 2012). É provável, contudo, que semelhante aos pequenos isópodos terrestres que desempenham importante função na ciclagem de nutrientes no solo das florestas (Quadros & Araujo, 2008), *B. giganteus* e *B. miyarei* devam ser responsáveis pela ciclagem de grande parte da biomassa que alcança o fundo do oceano em sua área de distribuição. Entre esta biomassa está não apenas as carcaças de animais que morrem naturalmente, mas também o grande volume de descarte feito pela pesca industrial, principalmente a partir do *bycatch*. Desta forma, as informações apresentadas sobre a biologia destas espécies contribuem para o estabelecimento de parâmetros mínimos que possibilitarão análises sobre os impactos que afetam as populações estabelecidas no mar profundo.

4.3 Avaliação do risco de extinção de *Bathynomus giganteus* e *B. miyarei* (Isopoda: Cirolanidae) no Brasil

4.3.1 Tendência populacional

O método de avaliação do risco de extinção considera como tamanho populacional o número total de indivíduos maduros da espécie em toda sua distribuição (IUCN, 2017). Atualmente, não são conhecidos dados populacionais que indiquem qualquer tendência, de crescimento ou redução, das populações de *B. giganteus* e *B. miyarei*. Além das informações apresentadas anteriormente (seção 4.2), as poucas informações disponíveis são algumas publicações sobre sua captura como *bycatch*.

A idade da maturidade sexual de *B. giganteus* foi estimada em aproximadamente 2 anos (seção 4.2), e a longevidade em 6 anos. Já a taxa de mortalidade foi estimada em 0,62/ano para os machos e em 1,14/ano para as fêmeas (Fig. 32 e 33).

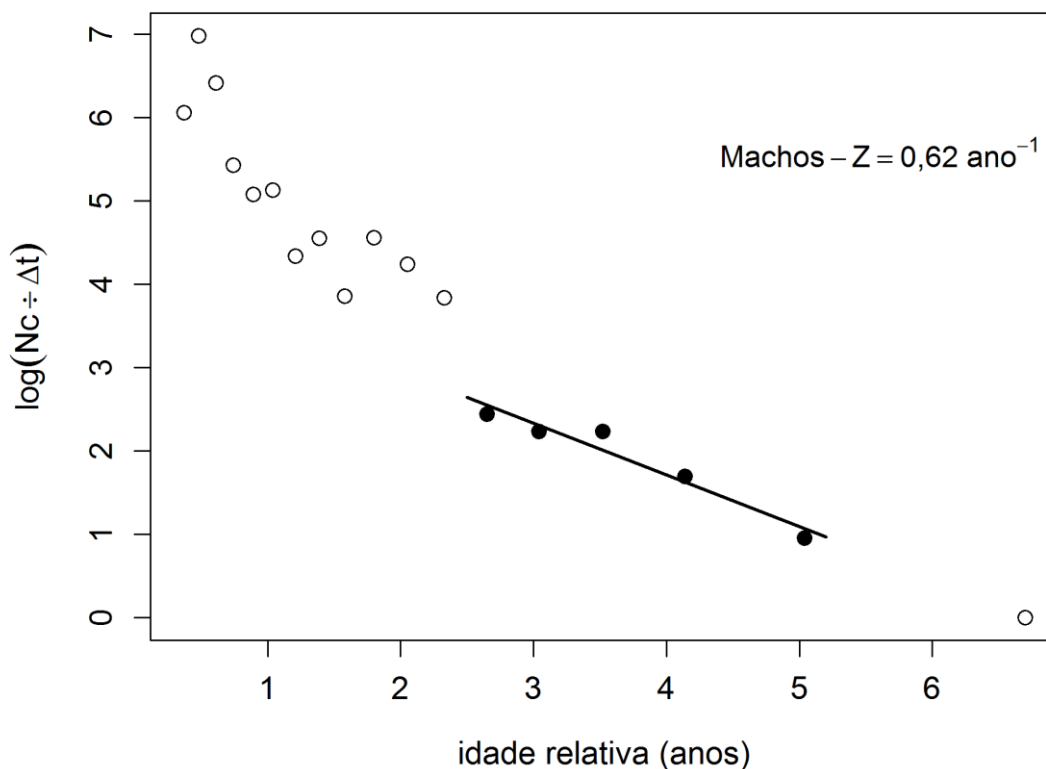


Figura 32: *Bathynomus giganteus* - Estimativa da mortalidade total dos machos baseada nos dados de captura total e curva de captura linearizada.

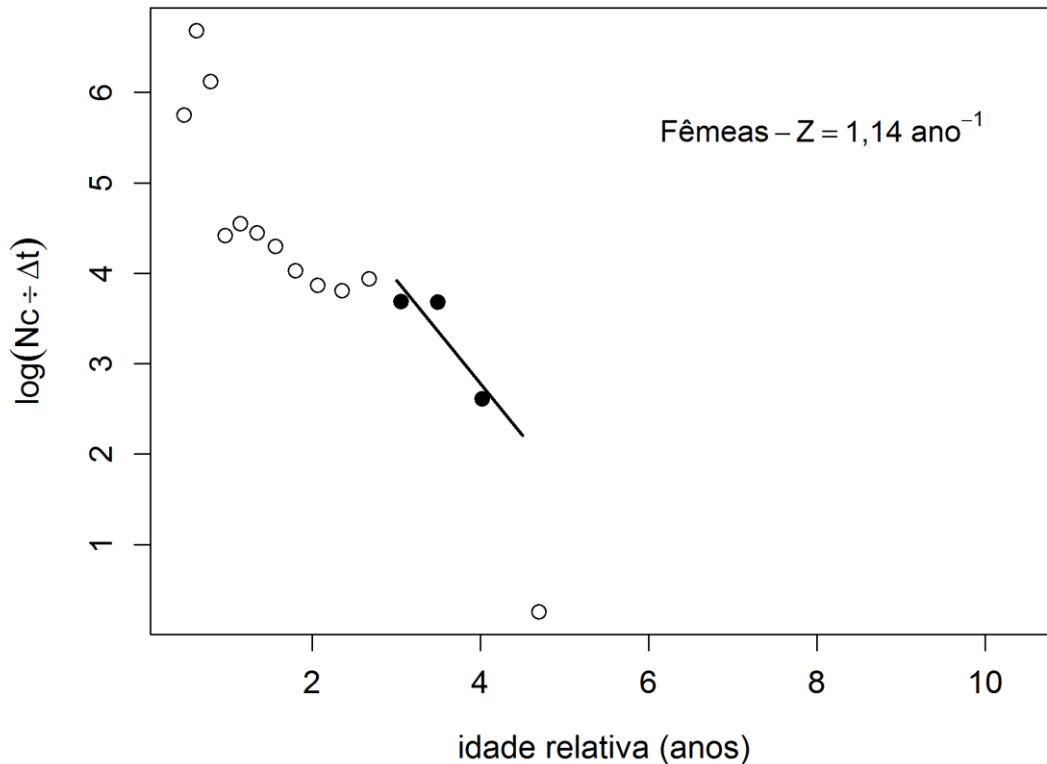


Figura 33: *Bathynomus giganteus* - Estimativa da mortalidade total das fêmeas baseada nos dados de captura total e curva de captura linearizada.

Devido ao pequeno número de fêmeas maduras coletadas, a taxa de mortalidade das fêmeas ficou superestimada, por isso foi considerado no cálculo do tempo geracional a taxa obtida para os machos.

A partir das informações sobre maturidade sexual e mortalidade, o tempo geracional foi calculado para *B. giganteus* em cerca de 4,5 anos. Portanto, a janela de análise da redução populacional deve ser de 13,5 anos, ou seja, 3 tempos geracionais.

Já para *B. miyarei* o tempo geracional foi estimado em 5,25 anos, sendo 15,75 anos o tempo considerado para avaliar a redução populacional.

4.3.2 Distribuição

Diferente do que era considerada no passado recente, a distribuição de *B. giganteus* é restrita ao Oceano Atlântico, de 31° N, no Estado da Geórgia, EUA (Lowry & Dempsey, 2006), até 30° S, no Rio Grande do Sul, Brasil (Soto & Mincarone, 2001)

(Fig. 34). Já *B. miyarei* só ocorre no litoral brasileiro, do Amapá (4° N) (Cintra *et al.*, 1998) até o Rio Grande do Sul (30° S) (Soto & Mincarone, 2001) (Fig. 35).

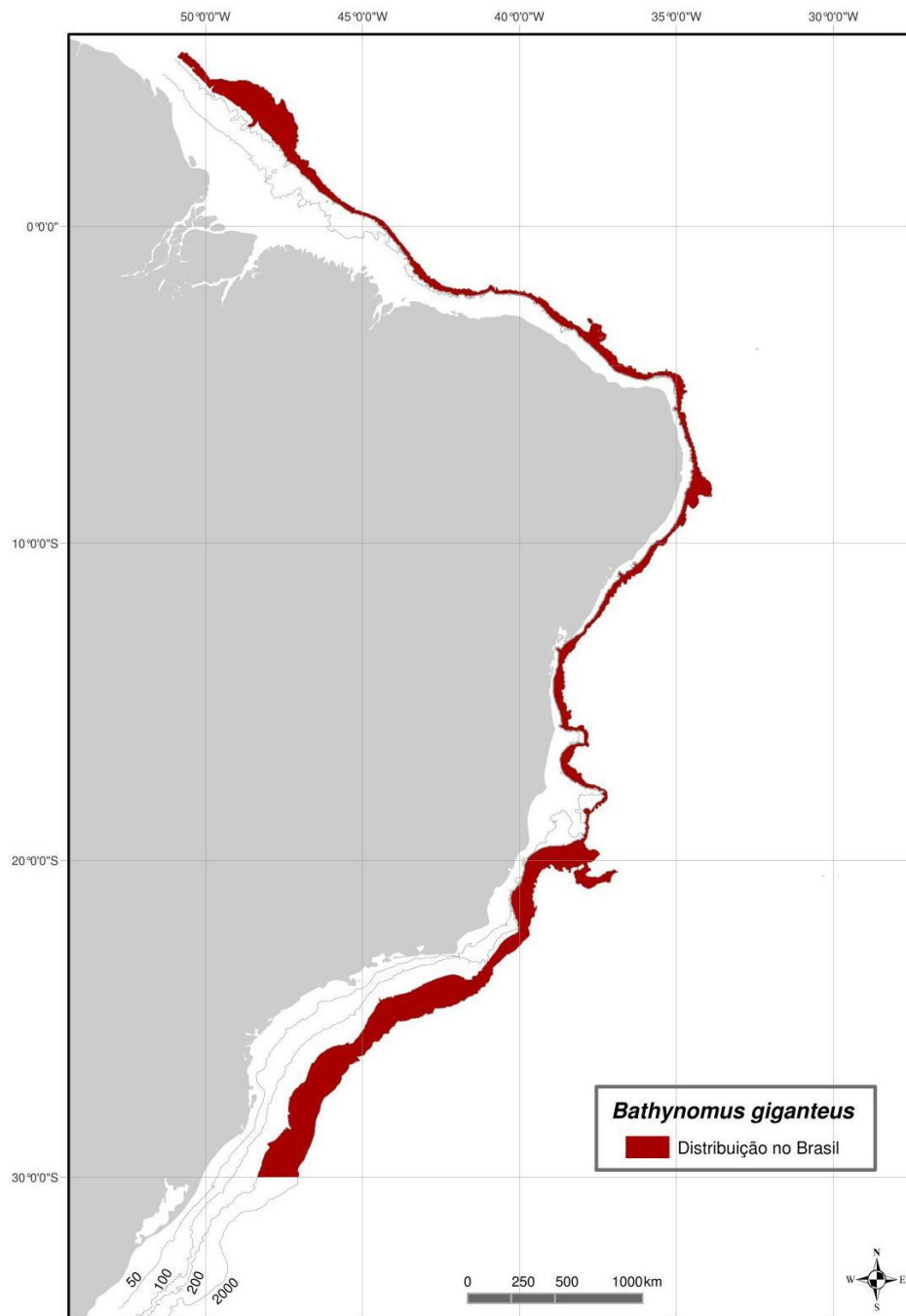


Figura 34: *Bathynomus giganteus* - Distribuição adjacente à costa brasileira.

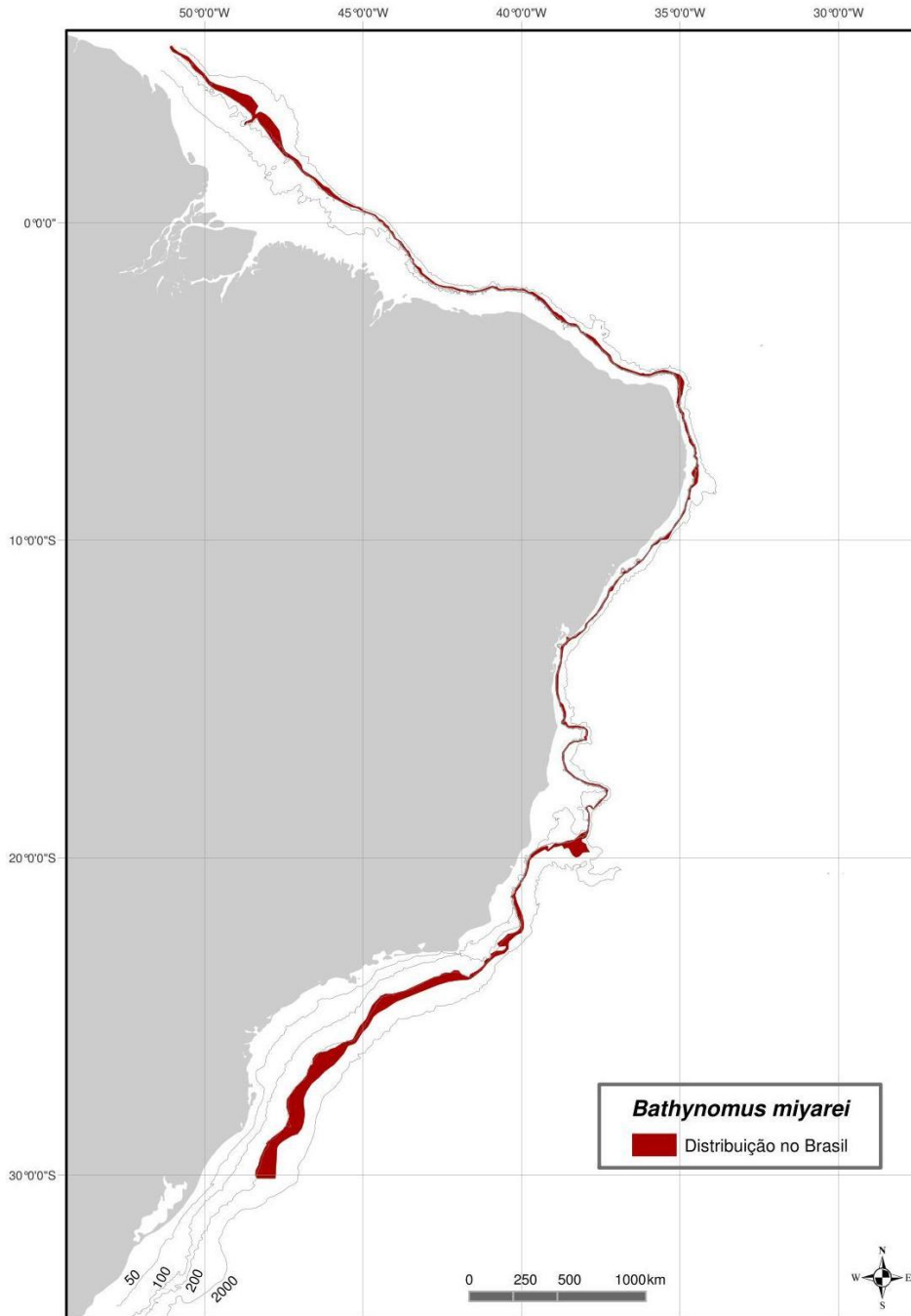


Figura 35: *Bathynomus miyarei* - Distribuição conhecida.

A espécie *B. giganteus* já foi registrada entre 310 e 2140 m de profundidade, sendo a maioria dos registros (84%) entre 365 e 730 m (Holthuis & Mikulka, 1972). A faixa batimétrica onde ocorre *B. miyarei* é entre 230 e 800 m de profundidade (Magalhães & Young, 2003). Nossos resultados, porém, evidenciaram uma estratificação batimétrica entre as espécies, com *B. giganteus* principalmente entre 600 e 1000 m e *B. miyarei* dominante entre 400 e 600 m de profundidade.

Informações sobre distribuição são fundamentais para avaliar o quanto a distribuição de uma espécie é restrita ou fragmentada. São calculadas a Extensão de Ocorrência (EOO) e a Área de Ocupação (AOO). Para espécies marinhas como *B. giganteus* e *B. miyarei* são considerados seus limites latitudinais e a faixa batimétrica em que ocorrem, sendo considerado como EOO a área entre as isóbatas de menor e maior profundidade. A menor EOO a partir do qual uma espécie pode ser considerada ameaçada, quando também está fragmentada, em declínio ou com flutuações extremas, é 20 mil km² (IUCN, 2017). Nenhuma das espécies, *B. giganteus* e *B. miyarei*, possuem EOO inferior a este valor, tampouco existem dados sobre fragmentação, declínio ou flutuações extremas.

4.3.3 Habitat e ecologia

Bathynomus giganteus geralmente ocorre em substrato lamoso, contudo já foi coletada em substrato arenoso e de corais (Holthuis & Mikulka, 1972). Nos locais onde já foram capturados *Bathynomus* spp. no Golfo do México, a temperatura da água variou entre 7,5 °C (845 m) e 10,6 °C (672 m) (Shiple *et al.*, 2016; Talwar *et al.*, 2016).

As espécies de *Bathynomus* são consideradas necrófagas e predadoras oportunistas, alimentando-se principalmente de peixes, lulas, camarões e caranguejos galateídeos (Shih, 1972; Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991; Barradas-Ortiz *et al.*, 200; Lowry & Dempsey, 2006; Poore & Bruce, 2012). Em algumas regiões do Golfo do México *Bathynomus giganteus* foi considerada a espécie necrófaga dominante (Churchill, 2015).

4.3.4 Usos

Informações sobre o uso de espécies de *Bathynomus* como alimento é apenas informal (Poore & Bruce, 2012), não existindo qualquer caracterização ou dado quantitativo sobre esta prática.

4.3.5 Ameaças

Mesmo não sendo alvo de alguma pescaria, as espécies de *Bathynomus* são capturadas como *bycatch* por diversas modalidades de pesca que ocorrem em áreas

profundas. Uma delas é a pescaria industrial de emalhe de fundo direcionada ao peixe-sapo *Lophius gastrophysus* Miranda Ribeiro, 1915 no sul do Brasil. Em apenas 14 cruzeiros durante 2001, entre 132 e 607 m de profundidade, foram capturados 55.475 indivíduos de *Bathynomus* spp. (Perez & Wahrlich, 2005). Nossos resultados indicam a existência de estratificação batimétrica entre *B. giganteus* e *B. miyarei*, sendo possível estimar que 85% dos 55.475 indivíduos reportados por Perez & Wahrlich (2005), aproximadamente 47 mil indivíduos, eram de *B. miyarei*. Se considerarmos que a mortalidade pós-soltura pode variar entre 50 e 100% depende dos reflexos do animal antes da soltura e do tempo na superfície, conforme analisado para *B. giganteus* por Talwar e colaboradores (2016) a partir de capturas experimentais com armadilhas, a maioria dos mais de 55 mil espécimes capturados, mesmo se liberados vivos, provavelmente morreram. Isso porque o estresse que os animais são submetidos como *bycatch* de qualquer pescaria industrial é altíssimo, pelo manejo inadequado (os animais são jogados ou chutados para longe das espécies de interesse) e tempo a bordo (sob o Sol). Inclusive, já foi relatado por mestres de embarcações pesqueiras que a tripulação é instruída a matar todas as “baratas” que são capturadas. Os pescadores tentam, desta forma, diminuir o prejuízo causado pelas “baratas” que comem peixes de interesse comercial que são capturados, mas não podem ser aproveitados.

Após 2001 a pesca de emalhe de fundo direcionada ao peixe-sapo diminuiu, mesmo assim, entre 2000 e 2012 foram desembarcados pela frota em Santa Catarina, segundo os boletins estatísticos da produção pesqueira, 5.474.882 kg (UNIVALI/CTTMar, 2001; 2002; 2003; 2004; 2006; 2007a; 2007b; 2008; 2009; 2010; 2011; 2013a; 2013b). Se em 1.315.674 kg de peixe-sapo capturados (Perez & Wahrlich, 2005) foram mortos aproximadamente 47 mil *B. miyarei*, podemos estimar que aproximadamente 200 mil *B. miyarei* foram mortos entre 2000 e 2012. Como não existem dados publicados sobre os desembarques após 2012, só é possível supor que entre 2000 e 2015, período que corresponde à 3 tempos geracionais, mais de 200 mil *B. miyarei* foram mortos apenas pela frota de emalhe de fundo direcionada ao peixe-sapo que desembarca em SC.

O acúmulo de detritos plásticos nas áreas profundas dos oceanos é outra ameaça direta (Van Cauwenberghé *et al.*, 2013; Woodall *et al.*, 2014; Taylor *et al.*, 2016). Já foram reportados fragmentos plásticos no estômago de crustáceos, inclusive em regiões

profundas (Murray & Cowie, 2011; Rezende *et al.*, 2012). Indivíduos de *B. giganteus* coletados no Golfo do México tinham grande quantidade de plástico nos estômagos (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez, 1991), o que certamente causa prejuízo ao animal, tanto pela contaminação como pela repleção do estômago com itens não digeríveis. A contaminação por plásticos pode afetar o crescimento e a reprodução dos animais, mas seus efeitos ainda são desconhecidos (Murray & Cowie, 2011). Animais que escavam buracos, como deve ser o caso de *Bathynomus* spp., provavelmente estão mais expostos aos fragmentos de plásticos que devem ser agregados nos buracos (Murray & Cowie, 2011).

Outra ameaça, ainda potencial, é o desenvolvimento da mineração no mar profundo (Danovaro *et al.*, 2017b; Van Dover *et al.*, 2017). Atualmente o governo brasileiro, por meio da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), desenvolve alguns projetos, dentre os quais se destacam a exploração de crostas ferromanganesíferas ricas em cobalto na Elevação do Rio Grande e de sulfetos polimetálicos na Cordilheira Meso-oceânica do Atlântico Sul e Equatorial. No caso da Elevação de Rio Grande a exploração já foi aprovada em 2014 pela *International Seabed Authority* (ISA).

4.3.6 Ações de conservação

Uma das iniciativas propostas para tentar reduzir os impactos causados às regiões profundas dos oceanos é a implantação de *Deep-Sea Ecosystem Monitoring Networks*, que seriam responsáveis pelo monitoramento dos organismos e ecossistemas (Danovaro *et al.*, 2017b). Contudo, o mais factível no caso das espécies que ocorrem no Brasil é a retomada do programa de monitoramento por observador a bordo na frota pesqueira industrial, que deveria não apenas quantificar as capturas das espécies alvos, mas também do *bycatch*. Além disso, para que ocorra a confirmação das espécies identificadas, é fundamental que amostras sejam depositadas em coleções biológicas estabelecidas.

4.3.7 Presença das espécies em unidades de conservação

Não existem unidades de conservação ou qualquer categoria de área marinha protegida além da quebra do talude continental, aproximadamente em 200 m de profundidade. Portanto, nenhuma espécie marinha de águas profundas apresenta este tipo de proteção no Brasil.

4.3.8 Pesquisas necessárias

Por ter sua distribuição restrita à costa brasileira, a espécie *B. miyarei* teve sua biologia pouco pesquisada. Os estudos já feitos abordaram apenas aspectos morfológicos e biogeográficos (Cintra *et al.*, 1998, Soto & Mincarone, 2001, Magalhães & Young, 2003). São necessárias, portanto, pesquisas que estimem o tamanho das populações de *Bathynomus* spp., bem como a resiliência aos impactos que estão submetidas.

4.3.9 Categorias, critérios e justificativas

A partir do método adotado para avaliar o risco de extinção das espécies *B. giganteus* e *B. miyarei* no Brasil, nenhuma delas pode ser classificada em alguma das categorias de ameaça. Contudo, foram identificadas ameaças diretas, sendo a captura como *bycatch* a mais importante.

Para *B. miyarei* foi possível inferir que entre 2000 e 2015, período que corresponde a 3 tempos geracionais, mais de 200 mil indivíduos foram mortos apenas pela frota de emalhe de fundo direcionada ao peixe-sapo que desembarca suas capturas em Santa Catarina. Não dispomos, contudo, de informações que nos permita estimar se estas capturas resultaram em declínio populacional significativo. Desta forma, a categoria proposta para *B. miyarei* é de “Dados Insuficientes” (DD). Esta categoria indica que não há informações adequadas para fazer a avaliação do risco de extinção e que é necessário obter mais informações, mas se reconhece a possibilidade de que a espécie possa estar ameaçada.

Já *B. giganteus*, cuja distribuição, tanto latitudinal como batimétrica, é maior, o que aparentemente reduz o impacto da atividade pesqueira, foi considerada em situação “Menos Preocupante” (LC).

5. DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

Qualquer medida de conservação que envolva o ordenamento da atividade pesqueira dirigida à *C. ramosae* ou que impacta diretamente as populações de *B. giganteus* e *B. miyarei*, só será possível a partir do conhecimento sobre a distribuição sazonal, latitudinal e batimétrica das espécies e dos grupos etários de cada uma delas.

Neste sentido, verificou-se que a maior captura por unidade de esforço de *C. ramosae* foi registrada ao sul do Cabo de Santa Marta Grande (29°19'S). Foi observada também em *C. ramosae*, bem como em *B. miyarei* e *B. giganteus*, a tendência de captura de animais maiores e maduros sexualmente em regiões menos profundas. A profundidade é a variável ambiental que mais influencia a distribuição das diferentes categorias (machos, fêmeas, imaturos) destes animais. Contudo, para *B. miyarei*, deve ser considerado que a amplitude batimétrica estudada, de 400 até 1000 m, talvez não tenha amostrado adequadamente a população, visto que foi evidenciada a estratificação batimétrica entre *B. giganteus*, dominante entre 600 e 1000 m, e *B. miyarei*, maioria entre 400 e 600 m de profundidade.

Os machos, tanto de *C. ramosae* como de *Bathynomus* spp., atingem a maturidade sexual antes que as fêmeas, sendo o tamanho médio de *B. giganteus* superior ao de *B. miyarei* em todos os grupos etários.

Em relação ao período reprodutivo de cada uma das espécies estudadas, as fêmeas ovígeras de *C. ramosae* foram capturadas somente no outono e no inverno, o que parece indicar um padrão reprodutivo sazonal na região. Já para *B. giganteus*, a partir da presença de manchas, juvenis e fêmeas com oostegítos funcionais em todas as amostragens, é provável que também ocorram fêmeas ovígeras durante todo o ano. Assim, sua reprodução ocorre durante todas as estações.

Embora ocorram na mesma região, tanto latitudinal como batimétrica, *C. ramosae* e *Bathynomus* spp., possuem características biológicas distintas que determinam seu modo de vida e influenciam suas estratégias reprodutivas.

Ao contrário de *Bathynomus* spp., *C. ramosae* apresenta período larval e comportamento de guarda pré-copulatória (Melville-Smith, 1987), associada à migração para profundidades menores. Desta forma, a reprodução de *C. ramosae* é dependente não apenas de condições adequadas aos adultos reprodutores, com maior gasto energético por conta do comportamento reprodutivo, mas também de condições

favoráveis à sobrevivência das larvas.

Por outro lado, as espécies de *Bathynomus* parecem ser mais eficientes na obtenção e processamento de fontes efêmeras de alimento, como o afundamento de carcaças. Esta característica associada ao gasto energético menor durante a reprodução, em relação à *C. ramosae*, talvez possa explicar a reprodução durante todo o ano.

A avaliação periódica das medidas de ordenamento das pescarias é uma das recomendações feitas pela FAO (2009) para garantir o uso sustentável dos recursos pesqueiros de águas profundas. Tendo isto em vista, os resultados obtidos no presente estudo confirmaram a necessidade da proibição da captura de *C. ramosae* em áreas com menos de 500 metros de profundidade, conforme definido na atual norma da pesca da espécie no Brasil (Instrução Normativa SEAP nº21, de 1º de dezembro de 2008), salvaguardando desta forma as fêmeas ovígeras.

Já em relação à proibição de pesca em menos de 700 m de profundidade no verão e outono, talvez possa ser revista. Contudo, considerando que apenas 17 fêmeas ovígeras foram amostradas, qualquer mudança no atual ordenamento da pescaria de *C. ramosae* no Brasil só poderá ser feita com segurança quando novos cruzeiros de pesquisa, com malha amostral mais ampla, gerarem dados que subsidiem adequadamente seu ordenamento pesqueiro. Assegurando, desta forma, a manutenção e recuperação das populações de *C. ramosae*.

Dentre os crustáceos de águas profundas, já foram avaliadas no Brasil as espécies de camarões de profundidade *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827), *Aristaeopsis edwardsiana* (Jonhson, 1867) e *Aristeus antillensis* A. Milne Edwards & Bouvier, 1909 (Pezzuto, 2016), e as espécies de caranguejos *Chaceon linsi*, *C. ramosae* e *C. notialis* (Pezzuto *et al.*, 2016).

Todos os camarões de profundidade e os caranguejos *C. linsi* e *C. notialis* foram considerados como “Menos Preocupante” (LC). Apenas *C. ramosae* foi categorizada como “Quase Ameaçada” (NT), aproximando-se da categoria Vulnerável (VU) pelos critérios A1bd. A justificativa para esta avaliação indica que se trata de uma espécie com crescimento lento, maturação tardia, reprodução bi-anual e elevada longevidade, que teve uma pesca dirigida até 2006. Foi observado um declínio de abundância de 52 a 56% na área sul (25°S e 31°S) do estoque entre 2000 e 2005 (fase não manejada da pescaria). A avaliação realizada por índices de abundância relativa (b), estimou queda de 27% na área sudeste (18°S e 25°S). Considerando que a espécie ainda é capturada

incidentalmente por outras pescarias, infere-se um declínio no tamanho populacional não muito distante de 50% até 2005. A partir de 2005, contudo, a pescaria passou a ser regulamentada e, em 2008, foram implementadas novas medidas considerando o cenário de queda de biomassa. Mesmo assim, em três gerações (45 anos) o declínio calculado de acordo com as diferenças de exploração nas áreas sul e sudeste foi próximo de 50%. Entretanto, a área de distribuição batimétrica e latitudinal é maior que a área de atuação da frota, por esta razão, *C. ramosae* foi categorizada como NT (Instituto Chico Mendes, 2016).

A qualidade e precisão da avaliação do risco de extinção das espécies dependem da disponibilidade de informações sobre a biologia das espécies avaliadas e dos usos e ameaças que impactam suas populações. Por esta razão, são importantes estimativas de longevidade e mortalidade. Para os machos de *B. giganteus* a longevidade foi estimada em aproximadamente 6 anos, e das fêmeas em 7,7 anos. Já para *B. miyarei* a longevidade foi estimada em 9 anos para os machos e 6 anos para as fêmeas.

Por ser uma espécie com alto valor comercial, as informações sobre a biomassa capturada de *C. ramosae*, mesmo quando não são alvo de determinada pescaria, serão sempre precisas. Isso não acontece com os dados sobre as capturas do *bycatch* que é indesejável, como é o caso das espécies de *Bathynomus*. Assim, para estas espécies, a avaliação sobre o impacto das pescarias é precário. No caso da avaliação do risco de extinção de *B. miyarei* e *B. giganteus*, só foi possível estimar as mortes provocadas por uma única pescaria que ocorre em águas profundas. Outras, como o arrasto dirigido aos camarões de profundidade, permanecem não sendo consideradas.

Pela falta de informações que permitam estimar se os 200 mil animais mortos apenas pela frota de emalhe de fundo dirigida ao peixe-sapo sediada em Santa Catarina, entre 2000 e 2015, causaram declínio populacional significativo, é proposta para a espécie *B. miyarei* a categoria de “Dados Insuficientes” (DD). Já *B. giganteus* que possui distribuição latitudinal e batimétrica maior que *B. miyarei* foi considerada como “Menos Preocupante” (LC).

Portanto, embora sofram ameaças diretas, tanto da captura como espécie-alvo ou como *bycatch*, as espécies de crustáceos de águas profundas avaliadas até agora no Brasil ainda não foram consideradas ameaçadas de extinção. Contudo, são necessários esforços para quantificar a biomassa capturada anualmente como *bycatch*. Também são necessários novos cruzeiros de pesquisa que contribuam para o conhecimento de suas

abundâncias ao longo de todo o gradiente batimétrico em que as espécies ocorrem. Estas informações são fundamentais para o manejo e conservação destas espécies.

Graças ao seu tamanho, morfologia singular e distribuição em todos os oceanos, as espécies do gênero *Bathynomus* tem despertado simpatia em jovens e adultos, principalmente na Ásia. Já é possível, inclusive, adquirir em *sites* de vendas réplicas feitas com plástico ou em pelúcia. Por esta razão, é possível considerar que estas espécies apresentam potencial como “animal bandeira”. Esta tem sido nas últimas décadas uma estratégia de conservação bem sucedida, quando espécies “carismáticas” (e.g. tartarugas marinhas, mico-leão-dourado) são empregadas para sensibilizar a sociedade para a necessidade de conservação não apenas delas próprias, mas dos ecossistemas onde vivem, funcionando como uma espécie “guarda-chuva”.

Portanto, as espécies *B. giganteus* e *B. miyarei*, atualmente desconhecidas do grande público e consideradas “praga” pelos pescadores industriais no Brasil, se tiverem sua bioecologia e singularidade divulgadas, poderão adquirir no futuro grande simpatia. Motivando, desta forma, a preocupação sobre a sua conservação e das outras espécies que ocorrem nas áreas marinhas profundas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De acordo com as normas da *Latin American Journal of Aquatic Research* - LAJAR (<http://www.rljajar.equipu.cl/index.php/rljajar/about/submissions#authorGuidelines>).

Almeida, E.M. 2001. Estrutura da População, Crescimento e Reprodução de *Maurolicus stehmanni* Parin & Kobylansky, 1993 (Teleostei: Sternoptychidae) na Zona Econômica Exclusiva do Sul e Sudeste do Brasil. MSc. dissertation, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 118p.

Amaral A.C.Z. & S. Jablonski. 2005. Conservation of marine and coastal biodiversity in Brazil. *Conserv. Biol.*, 19: 625-631.

Amaral, A.C.Z., P.D.C. Lana, F. da C. Fernandes & J.C. Coimbra. 2004. Caracterização do ambiente e da macrofauna bentônica. In: Amaral, A.C.Z., C.L.D.B. Rossi-Wongtschowski (Ed.). Biodiversidade bentônica da região sudeste-sul do Brasil: plataforma externa e talude superior. São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 11-46.

Athiê A.A.R. & C.L.B. Rossi-Wongtschowski. 2004. Os caranguejos-de-profundidade na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: análise das operações de pesca e das capturas do N/P Kimpo Maru nº58. Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, 64 pp.

Ayres, M., M. Ayres Júnior, D.L. Ayres & A.D.A. Santos. 2007. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Instituto Mamirauá, Belém, 364 pp.

Bakun A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Sci. Mar.*, 70: 105-122.

Barradas-Ortiz, C., P. Briones-Fourzan & E. Lozano-Alvarez. 2003. Seasonal reproduction and feeding ecology of giant isopods *Bathynomus giganteus* from the continental slope of the Yucatan peninsula. *Deep-Sea Res. I*, 50: 495-513.

Bernardes, R.A., C.L. Rossi-Wongtschowski, R. Wahrlich, R.C., Vieira, A.P., Santos & A.R., Rodrigues. 2005. Prospecção pesqueira de recursos demersais com armadilhas e pargueiras na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil. Série Documentos REVIZEE-Score SUL. Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, 112 pp.

Biesiot, P.M., S.Y. Wang, H.M. Perry & C. Trigg. 1999. Organic reserves in the midgut

- gland and fat body of the grant deep-sea isopod *Bathynomus giganteus*. J. Crust. Biol., 19(3): 450-458.
- Biscoito M., M. Freitas, J.G. Pajuelo, R. Triay-Portella, J.I. Santana, A.L. Costa, J. Delgado & J.A. Gonzále. 2015. Sex-structure, depth distribution, intermoult period and reproductive pattern of the deep-sea red crab *Chaceon affinis* (Brachyura, Geryonidae) in two populations in the north-eastern Atlantic. Deep-Sea Res. I, 95: 99-114.
- Borcard, D., F. Gillet & P. Legendre. 2011. Numerical ecology with R. Springer Science & Business Media, New York, 306 pp.
- Boos, H., M.A.A. Pinheiro & R.A. Magris. 2016. O processo de avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil: 2010-2014. In: Pinheiro, M. & H. Boos (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, Porto Alegre, pp. 28-34.
- Briones-Fourzán, P. & E. Lozano-Alvarez. 1991. Aspects of the biology of the giant isopod *Bathynomus giganteus* A. Milne Edwards, 1879 (Flabellifera: Cirolanidae), off the Yucatan Peninsula. J. Crust. Biol., 11: 375-385.
- Castello, J.P. 2007. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível? Pan-Am. J. Aquat. Sci., 2 (1): 47-52.
- Carvalho J.L.B., C.A.F. Schettini & T.M. Ribas. 1998. Estrutura termohalina do litoral Centro-Norte catarinense. Notas Téc. FACIMAR, 2: 181-197.
- Castello, J.P.; M. Haimovici, C. Odebrecht & C.M. Vooren. 2012. The Continental Shelf and Slope. In: Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Seeliger U., C. Odebrecht, J.P. Castello (Eds). Springer Science & Business Media, Berlin, pp. 171-178.
- Chang Y.J., C.L. Sun, Y. Chen, S.Z. Yeh. 2012. Modelling the growth of crustacean species. Rev. Fish. Biol. Fisher., 22: 157-187.
- Churchill, D.A. 2015. Investigating Trophic Interactions of Deep-sea Animals (Sharks, Teleosts, and Mobile scavengers) in the Gulf of Mexico Using Stable Isotope Analysis. FIU Electronic Theses and Dissertations. Paper 2214. [<http://digitalcommons.fiu.edu/etd/2214>]. Reviewed:4 January 2016.
- Cintra, I.H.A., M. Ramos Porto, K.C.A. Silva & G. Viana. 1998. Registros de espécies de *Bathynomus* (Crustacea: Isopoda) no litoral Norte do Brasil. Trab. Oceanogr. UFPE, 26(1): 103-105.

- Clark M.R., F. Althaus, T.A. Schlacher, A. Williams, D.A. Bowden & A.A. Rowden. 2016. The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. *ICES J. Mar. Sci.*, 73: 51-69.
- Company J.B. & F. Sardà. 2000. Growth parameters of deep-water decapod crustaceans in the Northwestern Mediterranean Sea: a comparative approach. *Mar. Biol.*, 136: 79-90.
- Danovaro R., P.V.R. Snelgrove & P. Tyler. 2014. Challenging the paradigms of deep-sea ecology. *Trends Ecol. Evol.*, 29: 465-475.
- Danovaro R., C. Corinaldesi, A. Dell'Anno & P.V.R. Snelgrove. 2017a. The deep-sea under global change. *Curr. Biol.*, 27, R1-R6.
- Danovaro R., J. Aguzzi, E. Fanelli, D. Billett, K. Gjerde, A. Jamieson, E. Ramirez-Llodra, C. R. Smith, P.V.R. Snelgrove, L. Thomsen & C.L. Van Dover. 2017b. An ecosystem-based deep-ocean strategy. *Science*, 355 (6324): 452-454.
- Davie, P. & M. Türkay. 2009. Geryonidae Colosi, 1923. In: Glover, A.G., N. Higgs & T. Horton (eds). *World Register of Deep-Sea species*. [<http://www.marinespecies.org/Deepsea/aphia.php?p=taxdetails&id=106762>].
Reviewed: 18 July 2017.
- Davie, P. & M. Türkay. 2016. *Chaceon* Manning & Holthuis, 1989. In: Glover, A.G., N. Higgs & T. Horton. (eds). *World Register of Deep-Sea species*. [<http://www.marinespecies.org/DeepSea/aphia.php?p=taxdetails&id=106917>].
Reviewed: 21 July 2017.
- Defeo, O. & G. Martínez. 2003. The habitat harshness hypothesis revisited: life history of the isopod *Exciorolana braziliensis* in sandy beaches with contrasting morphodynamics. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 83: 331-340.
- Domingos S.S., A.A.R. Athiê & C.L.B. Rossi-Wongtschowski. 2008. Diet of *Chaceon ramosae* (Decapoda, Brachyura) on the southern Brazilian exclusive economic zone. *Braz. J. Oceanogr.*, 56: 59-63.
- Duarte, A.K., P.G. Kinas, E. Muxagata & C. Odebrecht. 2014. Zooplankton biomass distribution in the Subtropical Southwestern Atlantic Ocean: relationships with environmental factors and chlorophyll-a. *PanamJAS*, 9(4): 239-261.
- Elner, R.W., S. Koshio, & G. V. Hurley. 1987. Mating behavior of the deep-sea red crab, *Geryon quinque-dens* Smith (Decapoda, Brachyura, Geryonidae). *Crustaceana*, 52(2): 194-201.

- Emilson I. 1961. The shelf and coastal Waters off southern Brazil. Bol. Inst. Oceanogr., 11: 101-112.
- FAO. 2009. International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the High Seas. FAO, Rome, 73pp.
- FAO. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. FAO, Rome, 224 pp.
- Ferreira R.C.P., D.M. Nunes, R.A. Shinozaki-Mendes, A.M.A. Pires & F.H.V. Hazin. 2016. First record and preliminary information on the biology of the deep-sea African crab, *Chaceon gordonae* (Ingle, 1985) (Brachyura: Geryonidae) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Lat. Am. J. Aquat. Res., 44(2): 392-400.
- Fischer L.G. 2012. Distribuição, Biomassas e Ecologia de Macrouridae (Teleostei, Gadiformes) no Talude Continental do Sul do Brasil, com ênfase em *Coelorinchus marinii* Hubbs 1934 e *Malacocephalus occidentalis* Goode & Bean 1885. PhD thesis. Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, Brazil. 266p.
- Fonseca, D.B., V.G. Veloso & R.S. Cardoso. 2000. Growth, mortality, and reproduction of *Excirrolana braziliensis* Richardson, 1912 (Isopoda, Cirolanidae) on the Prainha Beach, Rio de Janeiro, Brazil. Crustaceana, 73(5): 535-545.
- Fonteles-Filho, A.A. 1989. Recursos pesqueiros. Biologia e dinâmica populacional. Imprensa Oficial do Ceará, Fortaleza, 296 pp.
- George R.Y. & R.J. Menzies. 1968. Further evidence for seasonal breeding cycles in deep sea. Nature, 220: 80-81.
- Gärdenfors, U., C. Hilton-Taylor, G.M. Mace & J.P. Rodríguez. 2001. The application of IUCN Red List criteria at regional levels. Conserv. Biol., 15:1206–1212.
- Gasalla, M.A., G. Velasco, C.L.D.B. Rossi-Wongtschowski, M. Haimovici & L.S.P. Madureira. 2007. Modelo de equilíbrio de biomassas do ecossistema marinho da região SE/S do Brasil entre 100 e 1000 m de profundidade. Série Documentos REVIZEE-Score SUL. Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, 56 pp.
- Gayanilo, F.C. Jr. & D. Pauly. 1997. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT): Reference manual. FAO Computerized Information Series (fisheries) 8. FAO-ICLARM, Roma, 262 pp.
- Gayanilo, F.C. Jr., P. Sparre & D. Pauly. 1996 The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT): User's guide. FAO Computerized Information Series (fisheries) 6.

- FAO-ICLARM, Roma, 186 pp.
- Gayanilo, F.C. Jr., P. Sparre & D. Pauly. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) 8. Revised version. FAO-ICLARM, Rome, 168 pp.
- Glover, A.G., N. Higgs & T. Horton (eds). 2017. World Register of Deep-Sea species. [<http://www.marinespecies.org/deepsea>]. Reviewed: 25 June 2017.
- Gutiérrez N.L., A. Masello, G. Uscudun & O. Defeo. 2011. Spatial distribution patterns in biomass and population structure of the deep sea red crab *Chaceon notialis* in the Southwestern Atlantic Ocean. *Fish. Res.*, 110: 59-66.
- Haefner P.A. Jr. 1978. Seasonal aspects of the biology, distribution and relative abundance of the deep-sea red crab *Geryon quinquedens* Smith, in the vicinity of the Norfolk Canyon, western North Atlantic. *Proc. Natl. Shellfish. Ass.*, 68: 49-62.
- Haimovici, M. & S. Klippel. 2002. (CD-ROM). Diagnóstico da biodiversidade dos peixes teleósteos demersais marinhos e estuarinos do Brasil. In: Workshop para avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Haimovici, M., A.O.A. da Silva, L.V. de Miranda & S. Klippel. 2007. Prospecção na Região Sudeste-Sul. In: Haimovici, M. (org.). A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: Levantamento de dados e avaliação crítica. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 35-73.
- Haimovici, M., L. G. Fischer, C.L. Rossi-Wongtschowski, R. Ávila Bernardes & R.A. dos Santos. 2009. Biomass and fishing potential yield of demersal resources from the outer shelf and upper slope of southern Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 395-408.
- Hartnoll, R.G. 1982. Growth. In: Abele, L. G. (ed.) *The Biology of Crustacea Vol. 2. Embryology, Morphology and Genetics*. Academic Press, London, pp. 111-196.
- Hartnoll, R.G. 2006. Reproductive investment in Brachyura. *Hydrobiologia*, 557: 31-40.
- Higgs N.D. & M.J. Attrill. 2015. Biases in biodiversity: wide-ranging species are discovered first in the deep sea. *Front. Mar. Sci.*, 2:61.
- Hilario, A., M.R. Cunha, L. Génio, A.R. Marçal, A. Ravara, C.F. Rodrigues & H. Wiklund. 2015. First clues on the ecology of whale falls in the deep Atlantic Ocean: results from an experiment using cow carcasses. *Mar. Ecol.*, 36(S1): 82-90.
- Holthuis, L.B. & W.R. Mikulka. 1972. Notes on the deep-sea isopods of the genus

- Bathynomus* A. Milne Edwards, 1871. B. Mar. Sci., 22:575-591.
- Instituto Chico Mendes, 2016. Avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil: 2010-2014.
[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_crustaceos_2010_2014.pdf]. Reviewed: 10 August 2016.
- IUCN. 2012. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0. IUCN, Gland and Cambridge, 41 pp.
- IUCN, 2017. Standards and Petitions Subcommittee. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 13.
[<http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>]. Reviewed: 16 June 2017.
- Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries: An update. FAO Fisheries Technical Paper 470. FAO, Rome, 154pp.
- Legendre P. & L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. 2nd english edition. Elsevier, Amsterdam, 852pp.
- Lima J.H.M. & R. Lima Branco. 1991. Análise das operações de pesca do caranguejo de profundidade (*Geryon quinquedens* Smith, 1879) por barcos japoneses arrendados na região sul do Brasil - 1984/85. Atlântica, 13: 179-187.
- Lloyd, R.E. 1908. The internal anatomy of *Bathynomus giganteus* with a description of the sexually mature forms. Mem. Indian Mus., 1(2): 81-102.
- Lowry, J.K. & K. Dempsey. 2006. The giant deep-sea scavenger genus *Bathynomus* (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) in the Indo-West Pacific. In: Richer De Forges, B. & J.-L. Justine (eds). Tropical Deep-Sea Benthos, volume 24. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, 193: 163-192.
- Loyola e Silva. J. 1999. Ordem Isopoda (espécies aquáticas). In: Backup, L. & G. Bond-Backup (org) Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Ed. Universidade/UFRGS Porto Alegre, pp. 195-236.
- Lux F.E., A.R. Ganz & W.F. Rathjen. 1982. Marking studies on the red crab *Geryon quinquedens* Smith off Southern New England. J. Shellfish Res., 2: 71-80.
- MacAvoy, S.E., R.S. Carney, C.R. Fisher & S.A. Macko. 2002. Use of chemosynthetic biomass by large, mobile, benthic predators in the Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser., 225: 65-78.

- MacAvoy, S.E., E. Morgan, R.S. Carney & S.A. Macko. 2008. Chemoautotrophic production incorporated by heterotrophs in Gulf of Mexico hydrocarbon seeps: an examination of mobile benthic predators and seep residents. *J. Shellfish Res.*, 27(1): 153-161.
- McClain, C.R., A.P. Allen, D.P. Tittensor & M.A. Rex. 2012. Energetics of life on the deep seafloor. *Proc Natl Acad Sci USA*, 109(38): 15366-15371.
- McClain, C.R., M.A. Balk, M.C. Benfield, T.A. Branch, C. Chen, J. Cosgrove, A.D.M. Dove, L.C. Gaskins, R.R. Helm, F.G. Hochberg, F.B. Lee, A. Marshall, S.E. McMurray, C. Schanche, S.N. Stone & A.D. Thaler. 2015. Sizing ocean giants: patterns of intraspecific size variation in marine megafauna. *PeerJ*, 3: e715.
- Mace, G.M.; N.J. Collar, K.J. Gaston, C. Hilton-Taylor, H.R. Akçakaya, N. Leader-Williams, E.J. Milner-Gulland & S.N. Stuart. 2008. Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species. *Conserv. Biol.*, 22: 1424-1442.
- Macedo-Soares L.C.P., C.A.E. Garcia, A.S. Freire & J.H. Muelbert. 2014. Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil Shelf. *PLoS One*, 9: e91241.
- Magalhães, N. & P.S. Young. 2003. *Bathynomus* A. Milne Edwards, 1879 (Isopoda, Cirolanidae) from the Brazilian coast, with description of a new species. *Arq. Mus. Nac.* 61(4): 221-239.
- Manning R.B. & L.B. Holthius. 1989. Two new genera and nine new species of geryonid crabs (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 102: 50-77.
- Manning R.B., M. Tavares & E.F. Albuquerque. 1989. *Chaceon ramosae*, a new deep water crab from Brazil (Crustacea: Decapoda: Geryonidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 102: 646-650.
- Mantelatto F.L., P.R. Pezzuto, A. Masello, C.L.D.B. Rossi-Wongtschowski, A.W.S. Hilsdorf & N. Rossi. 2014. Molecular analysis of the commercial deep-sea crabs *Chaceon ramosae* and *Chaceon notialis* (Brachyura, Geryonidae) reveals possible cryptic species in the South Atlantic. *Deep-Sea Res. I*, 84: 29-37.
- Matsuura Y. 1995. Exploração Pesqueira. In: Ministério do Meio Ambiente (ed.). Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 40-46.

- Melo G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do Litoral brasileiro. Plêiade/FAPESP, São Paulo, 603 pp.
- Melville-Smith R. 1987. The reproductive biology of *Geryon maritae* (Decapoda, Brachyura) off South West Africa/Namibia. *Crustaceana*, 53: 259-275.
- Mincarone M.M. & M.E. Anderson. 2008. A new genus and species of eelpout (Teleostei: Zoarcidae) from Brazil. *Zootaxa*, 1852: 65-68.
- Morales-Nin B. & Panfili J. 2005. Seasonality in the deep sea and tropics revisited: what can otoliths tell us? *Mar. Freshw. Res.*, 56: 585-598.
- Murray, F. & P. R. Cowie. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Mar. Pollut. Bull.*, 62, 1207-1217.
- Netto S.A., F. Gallucci & G. Fonseca. 2009. Deep-sea meiofauna response to synthetic-based drilling mud discharge off SE Brazil. *Deep-Sea Res. II*, 56: 41-49.
- Odebrecht C. & J.P. Castello. 2001. The Convergence Ecosystem in the Southwest Atlantic. In: Seeliger U. & B. Kjerfve (eds). *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer, Berlin, pp. 147-165.
- Oksanen J., F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens & H. Wagner. 2015. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-0. [<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>] Reviewed: 7 September 2014.
- Olson, D.B., G.P. Podestá, R.H. Evans & O.B. Brown. 1988. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. *Deep-Sea Res. Part A. Oceanographic Research Papers*, 35(12): 1971-1990.
- Pauly, D. 1983a. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish.Tech.Pap.*, 234: 52p.
- Pauly, D. 1983b. Length-covered catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. (Part I). *Fishbyte section*, 1(2):9-13.
- Pauly, D. 1984a. Length-covered catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. (Part II). *Fishbyte section*, 2(1):17-19.
- Pauly, D. 1984b. Length-covered catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. (Part III). *Fishbyte section*, 2(3):9-10.
- Pauly, D. & J.F. Caddy. 1985. A modification of Bhattacharya's method for analysis of mixtures of normal distributions. *FAO Fisheries Circular*, 781: 16p.
- Pauly, D. & N. David. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction

- of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforsch*, 28(4): 205-211.
- Perez, J.A.A. & R. Wahrlich. 2005. A bycatch assessment of the gillnet monkfish *Lophius gastrophysus* fishery off southern Brazil. *Fish. Res.*, 72(1): 81-95.
- Perez, J.A.A., R. Wahrlich, P.R. Pezzuto, P.R. Schwingel, F.R.A. Lopes & M. Rodrigues-Ribeiro. 2003. Deep-sea Fishery off Southern Brazil: Recent Trends of the Brazilian Fishing Industry. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 31, 1.
- Perez, J.A.A., P.R., Pezzuto, R. Wahrlich & A.L.D.S. Soares. 2009. Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 513-541.
- Pezzuto P.R. & R. Sant'Ana. 2009. Sexual maturity of the deep-sea royal crab *Chaceon ramosae* Manning, Tavares & Albuquerque, 1989 (Brachyura: Geryonidae) in southern Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 297-312.
- Pezzuto, P.R., J.A.A. Pérez & R. Wahrlich. 2006a. Deep-sea shrimps (Decapoda: Aristeidae): new targets of the deep-water trawling fishery in Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, 54(2/3): 123-134.
- Pezzuto, P.R., J.A.A. Perez & R. Wahrlich. 2006b. O ordenamento das pescarias de caranguejos-deprofundidade (*Chaceon* spp.)(Decapoda: Geryonidae) no sul do Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, 32(2): 229-247.
- Pezzuto, P.R. 2016. Avaliação dos Camarões de profundidade (Decapoda: Aristeidae). In: Pinheiro, M. & H. Boos (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, Porto Alegre, pp. 82-92.
- Pezzuto, P.R., A.P. Pinheiro & H. Boos. 2016. Avaliação dos Caranguejos Gerionídeos (Decapoda: Geryonidae). In: Pinheiro, M.A.A. & H. Boos (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Sociedade Brasileira de Carcinologia – SBC, Porto Alegre, pp. 192-202.
- Piola A.R., R.P. Matano, E.D. Palma, O.O.Möller Jr. & E.J.D. Campos. 2005. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. *Geophys. Res. Lett.*, 32: L01603.
- Piola A. R., O. O. Möller Jr., R. A. Guerrero & E. J. D. Campos. 2008. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Cont. Shelf Res.*, 28: 1639-1648.
- Pires-Vanin A.M. & Y. Matsuura. 1993. Estrutura e função do ecossistema de

- plataforma continental da região de Ubatuba, Estado de São Paulo: uma introdução. Publção esp. Inst. Oceanogr., 10: 1-8.
- Poore, G.C. & N.L. Bruce. 2012. Global diversity of marine isopods (except Asellota and crustacean symbionts). PLoS One, 7(8): e43529.
- Quadros, A.F. & P.B. Araujo. 2008. An assemblage of terrestrial isopods (Crustacea) in southern Brazil and its contribution to leaf litter processing. Rev. Bras. Zool., 25(1): 58-66.
- R Development Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing (Version 3.1.1). [https://www.r-project.org]. Reviewed: 8 December 2014.
- Rex, M.A., R.J. Etter, J.S. Morris, J. Crouse, C.R. McClain, N.A. Johnson & R. Avery. 2006. Global bathymetric patterns of standing stock and body size in the deep-sea benthos. Mar. Ecol. Prog. Ser., 317: 1-8.
- Rezende, G.A. de, P.R. Pezzuto & F. D’Incao. 2011. Ocorrência de plástico no conteúdo estomacal do camarão-de-profundidade *Aristaeopsis edwardsiana* (Crustacea, Aristeidae). Atlântica, 33(2): 209-211.
- Rogers A.D., M.R. Clark, J.M. Hall-Spencer & K.M. Gjerde. 2008. The Science behind the Guidelines: A Scientific guide to the FAO draft International guidelines (December 2007) for the management of deep-sea fisheries in the high seas and examples of how the guidelines may be practically implemented. IUCN, Gland, 44 pp.
- Rosa, R. & M.L. Nunes. 2003. Biochemical composition of deep-sea decapod crustaceans with two different benthic life strategies off the Portuguese south coast. Deep-Sea Res. I 50(1): 119-130.
- Rossi-Wongtschowsky C.L.D.B., J.L. Valentin, S. Jablonski, A.C.Z. Amaral, F.H.V. Hazin & M. El-Robrini. 2006. O Ambiente Marinho. In: Ministério do Meio Ambiente (ed.). Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 21-75.
- Rowe, G. T. 2013. Seasonality in deep-sea food webs - A tribute to the early works of Paul Tyler. Deep-Sea Res. II, 92: 9-17.
- Santos E.P. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 129 pp.

- Shih, C.T., 1972. Notes on the giant isopod genus *Bathynomus* Milne Edwards, 1879 with description of a new species. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 21(1): 81-102.
- Shiple, O.N., N.L. Bruce, M. Violich, A. Baco, N. Morgan, S. Rawlins & E.J. Brooks. 2016. A new species of *Bathynomus* Milne Edwards, 1879 (Isopoda: Cirolanidae) from The Bahamas, Western Atlantic. Zootaxa, 4147(1): 82-88.
- Slack-Smith R.J. 2001. Fishing with traps and pots. 26nd edition. FAO, Rome, 62pp.
- Soong, K. & H.K. Mok. 1994. Size and maturity stage observations of the deep-sea isopod *Bathynomus doederleini* Ortmann, 1894 (Flabellifera: Cirolanidae), in eastern Taiwan. J. Crust. Biol., 14: 72-72.
- Soto, J.M.R. & M. Mincarone. 2001. Distribution and morphology of the giant isopods *Bathynomus giganteus* and *Bathynomus miyarei* (Flabellifera, Cirolanidae) off southern Brazil. Mare Magnum 1(2): 141-145.
- Sparkes, T.C., D.P. Keogh & R.A. Pary. 1996. Energetic costs of mate guarding behavior in male stream-dwelling isopods. Oecologia, 106:166-171.
- StatSoft Inc. 2005. Statistica (data analysis software system), version 7.1.
- Sturges, H.A. 1926. The choice of a class interval. J. Am. Stat. Assoc., 21(153): 65-66.
- Sumida, P.Y.G. 2009. Mar Profundo. In: Pereira, R.C. & A. Soares-Gomes (orgs.). Biologia Marinha. 2^a ed. Interciências, Rio de Janeiro, pp. 383-398.
- Sumida, P.Y.G. & A.M.S. Pires-Vanin. 1997. Benthic Associations of the Shelfbreak and Upper Slope off Ubatuba-SP, South-eastern Brazil. Est. Coast. Shelf. Sci., 44: 779-784.
- Subramoniam, T. 2017. Sexual biology and reproduction in crustaceans. 1st Edition. Academic Press, London, 526 pp.
- Talwar, B., E.J. Brooks & R. Dean Grubbs. 2016. An assessment of post-release mortality for a commonly discarded deep-sea isopod (*Bathynomus giganteus*) using reflex impairment. ICES J. Mar. Sci., 73(9): 2356-2363.
- Tavares M. & A. Pinheiro. 2011. A new species of *Chaceon* Manning & Holthuis, 1989, from the southwestern Atlantic, with a key to the western Atlantic species (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). Zootaxa, 3086: 57-68.
- Taylor, C.C. 1958. Cod growth and temperature. J. Cons. int. Explor. Mer, 23(3): 366-370.
- Taylor, M.L., C. Gwinnett, L.F. Robinson & L.C. Woodall. 2016. Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms. Sci. Rep. UK, 6: 33997.

- Thomson, M. 2010. Mouthparts of the deep-sea isopod *Bathynomus pelor* (Isopoda, Cirolanidae). *Crustaceana*, 83(12): 1483-1506.
- Thomson, M., K. Robertson & A. Pile. 2009. Microscopic structure of the antennulae and antennae on the deep-sea isopod *Bathynomus pelor*. *J. Crust. Biol.*, 29(3): 302-316.
- Tso, S.F. & H.K. Mok. 1991. Development, reproduction and nutrition of the giant isopod *Bathynomus doederleini* Ortmann, 1894 (Isopoda, Flabellifera, Cirolanidae). *Crustaceana*, 61(2): 141-154.
- UNESCO. 2009. Global Open Oceans and Deep Seabed (GOODS) – Biogeographic Classification (IOC Technical Series, 84). UNESCO-IOC, Paris, 87 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2001. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina ano 2000: ações prioritárias ao desenvolvimento da pesca e aquicultura no sul do Brasil. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 61 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2002. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina ano 2001: ações prioritárias ao desenvolvimento da pesca e aquicultura no sul do Brasil. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 89 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2003. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina ano 2002: ações prioritárias ao desenvolvimento da pesca no Sudeste e Sul do Brasil. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 93 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2004. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2003: programa de apoio técnico e científico ao desenvolvimento da pesca no Sudeste e Sul do Brasil. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 80 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2006. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2004: programa de apoio técnico e científico ao desenvolvimento da pesca no Sudeste e Sul do Brasil. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 80 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2007a. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2005 e panorama 2001/2005. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 80 pp.

- UNIVALI/CTTMar, 2007b. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2006 e panorama 2000 - 2004. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 80 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2008. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2007 e panorama 2000 - 2007. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 71 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2009. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2008 e panorama 2000 - 2008. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 73 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2010. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2009 e panorama 2000 - 2009. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 97 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2011. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2010. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 59 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2013a. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2011. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 59 pp.
- UNIVALI/CTTMar, 2013b. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2012. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, 66 pp.
- Valentin, J.L. 2000. Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Interciência, Rio de Janeiro, 117 pp.
- Van Cauwenberghe, L., A. Vanreusel, J. Mees & C.R. Janssen. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environ. Pollut.*, 182: 495-499.
- Van der Elst, R.P. & B. Everett (eds.). 2015. Offshore fisheries of the Southwest Indian Ocean: their status and the impact on vulnerable species. Oceanographic Research Institute, Special Publication, 10. 448 pp.
- Van der Grient, J.M. & Rogers, A.D. 2015. Body Size Versus Depth: Regional and Taxonomical Variation in Deep-Sea Meio- and Macrofaunal Organisms. *Adv. Mar. Biol.*, 71: 71-108.
- Van Dover, C.L., J.A. Ardron, E. Escobar, M. Gianni, K. M. Gjerde, A. Jaeckel, D. O. B. Jones, L. A. Levin, H. J. Niner, L. Pendleton, C. R. Smith, T. Thiele, P. J. Turner,

- L. Watling & P. P. E. Weaver. 2017. Biodiversity loss from deep-sea mining. *Nat. Geosci.*, 10(7), 464-465.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: reprodução e crescimento. CNPq/Programa Nacional de Zoologia, Brasília, 108 pp.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes Teleósteos: Teoria e prática. EDUEM, Maringá, 169 pp.
- Vermeij G.J. 2016. Gigantism and its implications for the history of life. *PloS One*, 11(1): e0146092.
- Walters C. 2003. Folly and fantasy in the analysis of spatial catch rate data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 60: 1433-1436.
- Wigley R.L., R.B. Theroux & H.E. Murray. 1975. Deep-sea red crab, *Geryon quinquedens*, survey off northeastern United States. *Mar. Fish. Rev.*, 37(8): 1-21.
- Woodall, L.C., A. Sanchez-Vidal, M. Canals, G.L. Paterson, R. Coppock, V. Sleight, A. Calafat, A.D. Rogers, B.E. Narayanaswamy & R.C. Thompson. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *R. Soc. Open Sci.* 1: 140317.
- Zembruski, S. G., H.T. Barreto, C.J Palma, J.D. Milliman. 1972. Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia - Vol. 2*, Belém. pp. 187-209.
- Zimmer, M. 2001. Why do male terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) not guard females? *Anim. Behav.*, 62, 815-821.

Produção científica sobre o mar profundo de 1987 até 2016*

*Pesquisa realizada em parceria com Charles Rodrigues, ex-bibliotecário do CEPESUL/ICMBio, Doutorando em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O estudo da produção científica de uma área do conhecimento permite detectar e acompanhar tendências e mudanças transformadoras desta área. Assim, possibilita agir antecipadamente, de modo a adequar os recursos destinados a pesquisas, desenvolvimento de produtos e serviços, a fim de que funcionem, assim, como instrumentos para o planejamento de políticas públicas na área da ciência, gerenciamento de pesquisas e tomada de decisões (Sancho, 1990; Macias-Chapula, 1998; Santos, 2003; Rodrigues & Godoy Viera, 2016).

Para medir a atividade científica são utilizados indicadores bibliográficos que se baseiam em análise estatística de dados quantitativos encontrados na produção técnica e científica. A partir destes indicadores é possível verificar, por exemplo, aspectos como o crescimento quantitativo e qualitativo da literatura, a produtividade dos autores e instituições, a evolução de disciplinas e novos conceitos (Sancho, 1990; Noronha & Maricato, 2008).

Estudos métricos apontam caminhos às novas pesquisas, pois identificam lacunas na literatura especializada e atualizam encaminhamentos teóricos e metodológicos mais precisos.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi traçar um cenário da produção científica realizada a partir de pesquisas sobre o mar profundo e analisar tendências presentes na literatura no período de 1987 a 2016. Foram analisados os seguintes indicadores:

- a. Produção científica anual;
- b. Países com maior número de publicações;
- c. Periódicos que mais publicaram artigos;
- d. Referências mais citadas;
- e. Principais abordagens e temas emergentes nas investigações.

Para avaliar a evolução histórica do número de artigos publicados com enfoque em aspectos do mar profundo, foi realizado o levantamento da produção bibliográfica entre 1987 e 2016. Foi utilizada a base de dados *Web of Science* (WOS), por sua

cobertura global, reconhecidamente estruturada para a análise de dados e produção de indicadores.

O acesso aos dados da WOS ocorreu por meio do Portal de Periódicos da CAPES, entre os dias 01 e 07 de março de 2017. Foi empregado o descritor (título, resumo e palavra-chave) “deep sea” e os resultados foram limitados às categorias: *Oceanography, Marine Freshwater Biology, Ecology, Paleontology, Microbiology, Zoology, Environmental Science, Biology, Evolutionary Biology, Fisheries, Biodiversity Conservation, Cell Biology, Physiology, Parasitology e Behavioral Sciences*, e refinando os resultados apenas ao tipo de documento “artigo”.

Para delinear os indicadores “d” e “e”, os dados da WOS foram exportados (em formato txt) e depois importados para o software *CiteSpace*, que permite explorar o cenário intelectual de uma área do conhecimento (Chen, 2014).

Os resultados obtidos indicam o aumento constante no número de artigos publicados nos últimos 30 anos. Em relação à produção científica brasileira, não houve registro na primeira década analisada (1986-1997). Já a comparação entre as duas últimas décadas, 1997-2006 e 2007-2016, mostra o crescimento expressivo da produção científica brasileira sobre a temática. Esse crescimento está relacionado principalmente às pesquisas envolvidas na prospecção e exploração de petróleo e outros minerais no mar profundo adjacente à costa brasileira (Fig. 1, Tab. 1, 2).

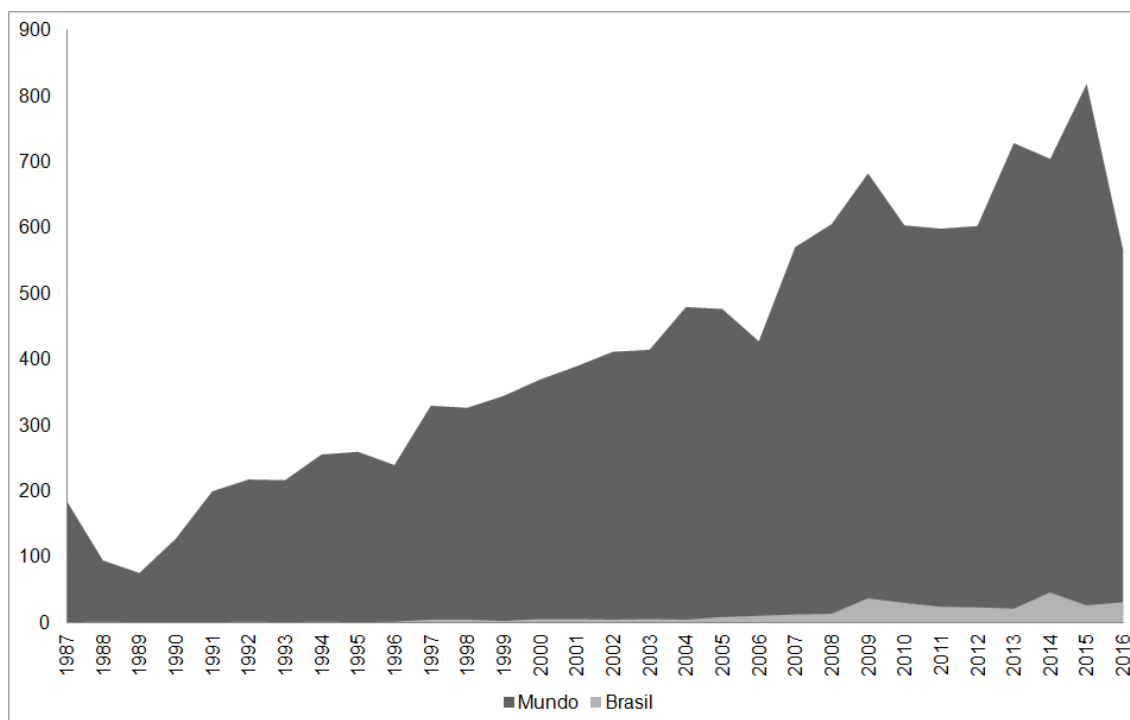


Figura 1: Evolução do número de artigos publicados sobre a bioecologia do mar profundo entre 1987 e 2016 a partir de dados disponíveis na *Web of Science*. Também é indicado o número de artigos cuja origem são instituições brasileiras.

Tabela 1: Número total e porcentagem de artigos publicados pelos 10 países mais produtivos e pelo Brasil entre 1987-2016.

Ordem	Países/ Territórios	n°	% de 11.079
1°	EUA	3.644	32,8
2°	Alemanha	1.594	14,3
3°	França	1.337	12,0
4°	Inglaterra	1.224	11,0
5°	Japão	1.006	9,0
6°	Espanha	685	6,1
7°	China	611	5,5
8°	Itália	537	4,8
9°	Canadá	482	4,3
10°	Austrália	469	4,2
19°	Brasil	223	2,0

Os países cujos pesquisadores mais publicaram foram EUA, França, Inglaterra, Alemanha e Japão (Tab. 1). Embora os EUA continue responsável por cerca de 1/3 da produção total, a Alemanha teve um incremento importante em sua produção nas duas últimas décadas (Tab. 2).

Comparando os dois últimos interstícios 1997-2006 e 2007-2016, observa-se o crescimento da produção científica brasileira na ordem de mais de 600%, com sua representação na produção mundial quadruplicando (Tab. 2).

Tabela 2: Número total e porcentagem de artigos publicados pelos 10 países mais produtivos e pelo Brasil a cada década entre 1987-2016. Entre 1986-1997 não houve registro de produção científica brasileira na WOS.

1987-1996				1997-2006				2007-2016			
Ordem	Países/ Territórios	nº	% de 1.658	Ordem	Países/ Territórios	nº	% de 2.461	Ordem	Países/ Territórios	nº	% de 5.999
1º	EUA	741	44,6	1º	EUA	1.142	33,3	1º	EUA	1.761	29,3
2º	França	190	11,4	2º	Alemanha	531	15,5	2º	Alemanha	906	15,1
3º	Inglaterra	175	10,5	3º	França	458	13,3	3º	França	689	11,4
4º	Alemanha	157	9,4	4º	Inglaterra	385	11,2	4º	Inglaterra	664	11,0
5º	Japão	97	5,8	5º	Japão	363	10,6	5º	Japão	546	9,1
6º	Canadá	63	3,8	6º	Espanha	171	4,9	6º	China	538	8,9
7º	Holanda	54	3,2	7º	Rússia	164	4,7	7º	Espanha	475	7,9
8º	Escócia	47	2,8	8º	Canadá	138	4,0	8º	Itália	379	6,3
9º	Austrália	45	2,7	9º	Itália	134	3,9	9º	Austrália	311	5,1
10º	Espanha	39	2,3	10º	Holanda	115	3,3	10º	Canadá	281	4,6
				26º	Brasil	29	0,8	15º	Brasil	194	3,2

O crescimento no número de publicações feitas por pesquisadores/instituições brasileiras talvez possa ser explicado pelo aumento nos investimentos em pesquisa, ciências e tecnologias durante a primeira década dos anos 2000, bem como investimentos direcionados à prospecção de hidrocarbonetos ao longo do talude continental brasileiro, impulsionado pela descoberta do “pré-sal”.

Os 11.079 documentos registrados no período de 1987 a 2016 foram editorados em 404 publicações científicas. A partir dos dados coletados, pode-se considerar a produção científica sobre a temática estudada bastante centralizada, uma vez que 10% dos periódicos são responsáveis por cerca de 60% do total da produção, ou seja, 6.539 documentos. Isto equivale à média de 163 documentos por publicações, enquanto os demais 90%, 364 periódicos, publicaram 4.540 artigos, com média de 12 documentos por periódico (Tab. 3).

A Tabela 3 apresenta as publicações científicas com maiores número de estudos nos anos de 1987 a 2016.

Tabela 3: Número de artigos publicados e porcentagem dos 10 periódicos que mais

publicaram artigos sobre a temática “deep sea” no período 1987-2016.

Ordem	Periódicos	nº	% de 11.079
1º	Deep Sea Research Part I Oceanographic Research Papers	640	5,7
2º	Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography	577	5,2
3º	Marine Geology	451	4,0
4º	Marine Ecology Progress Series	389	3,5
5º	Zootaxa	366	3,3
6º	Paleoceanography	363	3,2
7º	Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology	342	3,0
8º	Marine Biology	236	2,1
9º	International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology	224	2,0
10º	Marine Micropaleontology	187	1,6

Foram encontradas 912 referências citadas. Dentre os 10 artigos mais citados, 6 tratam de ferramentas analíticas não exclusivas de pesquisas em áreas profundas. O artigo mais citado que aborda a biota de águas profundas foi publicado por Sogin e colaboradores em 2006 e trata da diversidade microbiana destas regiões (Tab. 4).

Tabela 4: Número de citações e palavras-chave dos 10 artigos mais citados no período 1987-2016.

Nº de Citações	Referências	Palavras-chave
174	Tamura, K. et al. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. Molecular Biology and Evolution , v. 28, n. 10, p. 2731-2739, 2011.	Neighbor-Joining Method; Model Selection; Phylogenetic Inference; Mitochondrial-DNA; Protein Sequences; Clock; Trees; Nucleotide; Software; Substitution.
154	Sogin, M. et al. Microbial diversity in the deep sea and the underexplored “rare biosphere”. Proceedings of the National Academy of Sciences , v. 103, n. 32, p. 12115-20, 2006	Biodiversity; Low abundance; Marine; Microbes; Rarefaction.
134	Schloss, P. D. et al. Introducing mothur: open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. Applied and Environmental Microbiology , v. 75, n. 23, p. 7537-7541, 2009.	Microbial Communities; software analyze community sequence data; Operational taxonomic units.
128	Brandt, A. et al. First insights into the biodiversity and biogeography of the Southern Ocean deep sea. Nature , v. 447, p. 307-311, 2007.	Marine benthic communities – Antarctica.
121	Ludwig, W. et al. ARB: a software environment for sequence data. Nucleic Acids Research , v. 32, n. 4, p. 1363-1371, 2004.	ARB - project interdisciplinary bioinformatics; Ribonucleic acid – RNA.
18	Tamura, K. et al. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. Molecular Biology and Evolution , v. 24, n. 8, p. 1596-9, 2007.	Neighbor-Joining Method; Model Selection; Phylogenetic Inference; Mitochondrial-DNA; Protein Sequences; Clock; Trees; Nucleotide; Software;

112	Clarke K. R.; Gorley, R. N. PRIMER v6: User manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth UK, 2006. 192p.	Substitution. Multivariate statistic.
97	Roberts, J. M., Wheeler, A. J., Freiwald, A. Reefs of the deep: the biology and geology of cold-water coral ecosystems. Science , v. 312, n. 5773, p. 543-07, 2006.	Coral reefs tropical seas; Deep-ocean exploration; Coral ecosystems in deep waters; Impacts of deep-water trawling.
95	Canals, M. et al. Flushing submarine canyons. Science , v. 444, p. 354-7, 2006.	Submarine canyon - Gulf of Lions Margin; Dense Shelf Water Cascading – DSWC; Deep-sea ecosystems.
94	Pruesse, E. et al. SILVA: a comprehensive online resource for quality checked and aligned ribosomal RNA sequence data compatible with ARB. Nucleic Acids Research , v. 35, n. 21, p.7188-96, 2007.	Ribonucleic acid – RNA; SILVA rRNA database Project.

A representação gráfica da rede das principais referências no período de 1987 a 2016 evidencia os principais agrupamentos formados pela proximidade temática dos artigos. A formação dos agrupamentos considera o tema central articulado com abordagens e temas afins, tendo ligação direta com os autores que publicaram sobre o tema, dessa forma, as referências se relacionam. Foram identificados 26 agrupamentos, dos quais os principais são: *trophic level*, *seamount* e *south china sea*. Destaca-se também *deep sea drilling project*, temática importante para compreender o crescente investimento em pesquisas no mar profundo (Fig. 2).

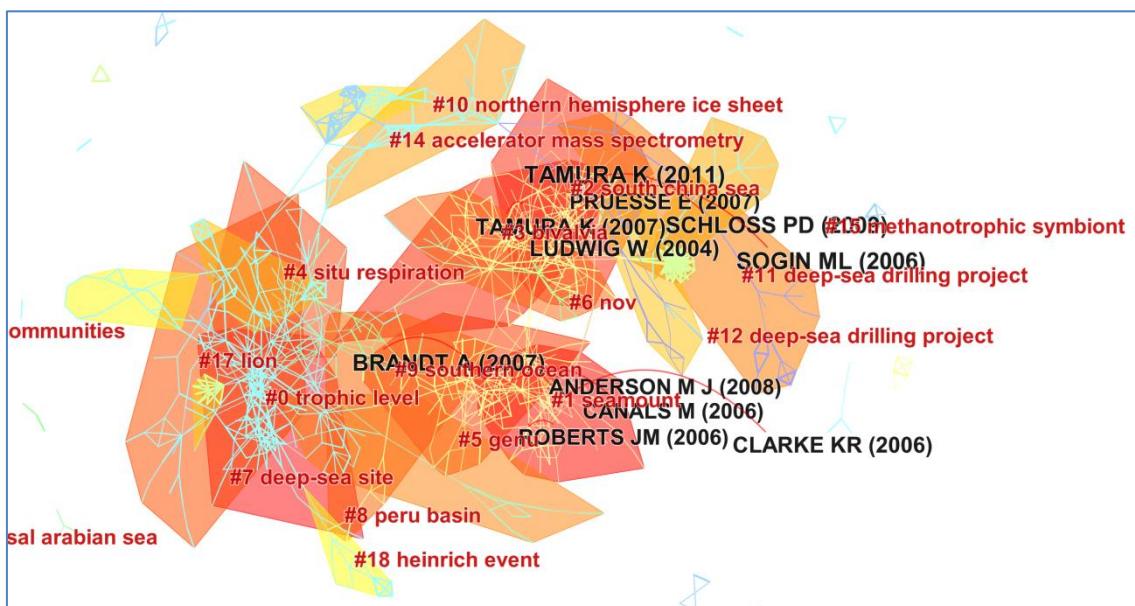


Figura 2: Rede das referências mais citadas 1987-2016.


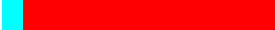

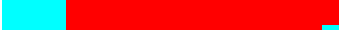




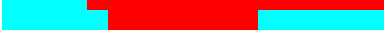






A frequência de ocorrência das palavras-chave demonstra as temáticas relevantes nesta área do conhecimento. A palavra-chave com maior ocorrência é *diversity*, que pertence ao grupo *seamount* (Tab. 5).

Tabela 5: As 10 palavras-chave mais utilizadas pelos artigos publicados no período 1987-2016, sua frequência, o ano de seu primeiro registro e o cluster que a palavra-chave pertence.

Palavras-chave	Frequência	Ano	Cluster #
Diversity	734	1992	1
Ocean	712	1987	0
Sediment	644	1987	5
Deep sea sediment	600	1988	6
Atlantic	530	1990	1
Marine sediment	497	1990	3
Hydrothermal vent	497	1992	5
Community	461	1991	1
Evolution	440	1992	1
Water	435	1990	3

As frentes de pesquisas do período de 1987 a 2016, em ordem temporal, enfatizam o surgimento e o término de tendências que envolvem a temática *deep sea* (Tab. 6).

Tabela 6: Temas emergentes sobre a temática *deep sea* entre 1987-2016. *Strength* representa a intensidade (força) do surgimento de uma palavra-chave durante o período.

Palavras-chave	Strength	Começo	Fim	1987 - 2016
Sediment	6,4635	1987	1993	
Stratigraphy	6,9432	1988	1999	
Ocean	21,4243	1989	1996	
Matter	15,331	1990	2002	
Fluxe	13,2227	1990	2001	
Deposition	10,1695	1990	2002	
Oxigen	13,6801	1991	2003	
Rate	16,0494	1991	2002	
Diagenesis	9,9676	1991	2004	
Seasonal deposition	11,4481	1992	1998	
Phytodetritus	22,3174	1992	2001	
Circulation	7,6353	1993	2001	
Calcium carbonate	4,8741	1994	2000	
Allozyme	3,8918	1995	2003	
Early diagenesis	6,5347	1996	2001	

Productivity	11,5196	1997	2002	
Organic carbon	4,6955	1997	2003	
Sediment trap	4,2316	1998	2002	
Complete nucleotide sequence	3,904	1999	2006	
Paleoceanography	6,9591	1999	2005	
Deep sea fan	3,7567	2000	2004	
Planktonic foraminifera	5,6223	2002	2005	
Surface sediment	3,5749	2002	2006	
Northeast pacific	4,3001	2003	2006	
Angola basin	7,1924	2005	2009	
Antarctica	6,1619	2007	2008	
Mid atlantic ridge	4,6578	2008	2009	
Deep sea coral	12,8526	2009	2014	
Methane seep	7,8892	2010	2012	
New Zealand	8,105	2010	2013	
Fishery	5,6179	2011	2014	
New specy	4,631	2011	2012	
Sp nov.	11,2063	2012	2016	
Climate change	11,3402	2012	2016	
Submarine canyon	12,1358	2013	2014	
Maximum likelihood	22,6808	2013	2016	
Taxonomy	8,0903	2014	2016	
Gulf of mexico	17,9417	2014	2016	
Mediterranean sea	10,2609	2014	2016	

Bibliografia citada:

Chen, C. 2014. The CiteSpace Manual.

[<http://cluster.ischool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf>].

Macias-Chapula, C.A. 1998. O papel da informetria e da cienciomtria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ciência da Informação*, 27(2), 134-140.

Noronha, D.P. & J.M. Maricato. 2008. Estudos métricos da informação: primeiras aproximações. *Encontros Bibli.*, (nº esp.): 116-128.

Rodrigues, C., & A.F.G. Viera. 2016. Estudos bibliométricos sobre a produção científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. *InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 7(1): 167-180.

Sancho, R. 1990. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3-4): 842-865.

Santos, R.N.M. 2003. Indicadores estratégicos em ciência e tecnologia: refletindo a sua prática como dispositivo de inclusão/exclusão. *TransInformação*, 15 (ed. esp.): 129-140.

Tabela com as datas, lances, profundidade, latitude e longitude de lançamento das armadilhas, setor latitudinal correspondente e duração de cada lance. São indicados os lances cujas armadilhas não foram recolhidas (perdidas), não sendo contabilizadas para o total de horas de amostragem.

Data	Lance	Lat. inicial	Long. inicial	Setor	Prof. inicial (metros)	Duração (horas)
14/08/2009	1	29°06.17' S	47°51.078' W	Sul	570	11:12
16/08/2009	2	27°46.67' S	47°05.659' W	Central	500	09:30
16/08/2009	3	27°46.24' S	47°00.993' W	Central	530	11:00
25/10/2009	4	26°50.41' S	46°23.205' W	Norte-central	430	02:52
25/10/2009	5	26°51.03' S	46°10.344' W	Norte-central	750	06:45
26/10/2009	6	27°39.35' S	46°52.497' W	Central	750	perdida
26/10/2009	7	27°41.11' S	47°06.405' W	Central	530	09:28
27/10/2009	8	28°42.09' S	47°19.403' W	Sul-central	580	06:56
27/10/2009	9	29°05.96' S	47°45.597' W	Sul	560	09:26
27/02/2010	10	26°14.95' S	46°02.026' W	Norte	460	14:55
27/02/2010	11	26°18.23' S	45°41.09' W	Norte	750	15:20
28/02/2010	12	26°50.93' S	46°10.483' W	Norte-central	620	06:20
28/02/2010	13	26°50.73' S	46°24.138' W	Norte-central	433	07:05
12/03/2010	14	29°04.78' S	47°49.979' W	Sul	457	10:40
12/03/2010	15	29°03.95' S	47°45.365' W	Sul	600	09:10
13/03/2010	16	28°30.58' S	46°48.669' W	Sul-central	970	12:50
13/03/2010	17	28°33.83' S	47°04.522' W	Sul-central	400	perdida
14/03/2010	18	27°41.24' S	46°53.359' W	Central	772	05:45
04/06/2010	19	27°41.1' S	47°06.007' W	Central	536	12:10
09/06/2010	20	27°41.48' S	46°52.729' W	Central	774	13:10
08/06/2010	21	26°14.63' S	46°04.712' W	Norte	436	12:58
08/06/2010	22	26°18.15' S	45°41.98' W	Norte	711	15:30
08/06/2010	23	26°50.65' S	46°10.483' W	Norte-central	616	perdida
09/06/2010	24	26°51.16' S	46°23.875' W	Norte-central	433	08:40
30/06/2010	25	29°04.05' S	47°43.051' W	Sul	600	07:30
01/07/2010	26	28°31.68' S	47°52.301' W	Sul-central	749	perdida
11/08/2010	27	26°15.42' S	46°02.826' W	Norte	721	06:00
11/08/2010	28	26°18.09' S	45°41.665' W	Norte	455	06:23
21/08/2010	29	26°51.04' S	46°23.3' W	Norte-central	438	08:18
22/08/2010	30	27°39.25' S	46°57.358' W	Central	703	06:37
23/08//2010	31	28°45.21' S	47°18.742' W	Sul-central	816	06:11
24/08//2010	32	29°04.55' S	47°43.205' W	Sul	650	06:27

1 Manuscrito submetido a *Latin American Journal of Aquatic Research* - LAJAR

2

3 **Abundance and distribution of the deep-sea crab *Chaceon ramosae***
4 **(Decapoda: Geryonidae) in the Southern Brazil: contribution to the**
5 **fishing regulation**

6

7 **ABSTRACT.** The deep-sea crab *Chaceon ramosae* occurs at 350-1200 m depth in the
8 southeast and south of Brazil. Here we evaluated the latitudinal, bathymetric, and
9 seasonal abundance of *C. ramosae* in southern Brazil obtained during several research
10 cruises. We also obtained populational data to evaluate the effectiveness of the fishing
11 regulations for *C. ramosae*. Five sampling cruises were carried out in 2009-2010 and
12 the sampling effort comprised 32 fishing hauls with four pots per main line. In total, 195
13 individuals were captured: 128 males and 67 females, of which 17 were ovigerous. The
14 highest catch per unit effort occurred between 29°03' and 29°05'S at 800-1000 m in
15 depth. The highest abundance occurred in winter, and almost all ovigerous females were
16 captured in this season. The size at the onset of sexual maturity was estimated at 120
17 mm carapace width. Depth was the most important environmental factor explaining *C.*
18 *ramosae* distribution. The largest individuals, as well as the mature ones, were mainly
19 captured in shallower regions (400-600 m). Our results confirm the need for prohibiting
20 the fishing for *C. ramosae* at depths lesser than 500 m.

21

22 **Keywords:** *Chaceon ramosae*, deep-water resources, continental slope, southwest
23 Atlantic, Brazil.

24

25

INTRODUCTION

26

27 Deep-sea crabs of the family Geryonidae Colossi, 1923 (Decapoda: Brachyura)
28 inhabit muddy and sandy-mud substrates from 50 to 2800 m depth, where temperatures
29 range from 12 to 4°C (Wigley *et al.*, 1975; Haefner, 1978; Manning & Holthuis, 1989).
30 Studies about their growth and longevity are scarce, but they probably exhibit the
31 common traits of most deep-sea species: high longevity, late maturation, slow growth,
32 and non-annual reproduction (Melville-Smith, 1989). These traits often result in

33 populations with low biomass production, and therefore, with slow recovery when
34 intensely exploited (Rogers *et al.*, 2008; Groeneveld *et al.*, 2013).

35 Four Geryonidae species occur along the Atlantic coast of South America and all
36 belong to the genus *Chaceon* Manning & Holthuis, 1989: *C. eldorado* Manning &
37 Holthuis, 1989 (Colombia, Venezuela, Trinidad Tobago, French Guyana); *C. linsi*
38 Tavares & Pinheiro, 2011 (northeastern Brazil); *C. ramosae* Manning, Tavares &
39 Albuquerque, 1989 (southeastern and southern Brazil); and *C. notialis* Manning &
40 Holthuis, 1989 (southern Brazil, Uruguay and Argentina) (Tavares & Pinheiro, 2011).
41 Molecular analyses suggested that *C. notialis* might be in fact a species complex,
42 whereas the taxonomic status of the other three species was confirmed (Mantelatto *et*
43 *al.*, 2014). Recently, *C. gordonae* (Ingle, 1985) was reported in Brazil at the St. Peter
44 and St. Paul Archipelago (Ferreira *et al.*, 2016).

45 The first fishing cruises targeting deep-sea crabs in the southern Brazil at more
46 than 400 m depth, occurred in 1984–1985 between latitudes 25° and 34° S (Lima &
47 Lima Branco, 1991; Haimovici *et al.*, 2007). After the launch of a governmental
48 program to develop deep-sea fisheries in 1998, the continental slope of southern Brazil
49 and Uruguay became a profitable fishing region (Perez & Wahrlich, 2005; Perez *et al.*,
50 2009; Pezzuto *et al.*, 2006a, 2006b). However, the deep-sea fauna remains sparsely
51 studied in Brazil, and new species are still being discovered, mainly as *bycatch* of the
52 industrial fishing (Mincarone & Anderson, 2008).

53 Along the Brazilian coast, *C. ramosae* occurs from Espírito Santo to Rio Grande
54 do Sul, at depths of 350–1200 m (Manning *et al.*, 1989; Melo, 1996). Nowadays,
55 according to the National Program of Fishing Vessel Monitoring by Satellite (PREPS),
56 there is no fishing activity targeting the deep sea crab (*C. ramosae*). However, between
57 1999 and 2009, it was captured almost 585 ton/year of this specie. Only in 2004, the
58 total of capture reached 1742 ton (Univali/CTTMar 2010). Due to inefficient
59 management and biological attributes such great longevity and slow-growth, fisheries
60 targeting deep-sea species usually follows a pattern of a fast increase in catches,
61 followed by an abrupt decline, driving species to overfishing (Rogers *et al.*, 2008; Clark
62 *et al.*, 2016). In recent assessments of extinction risk, it was estimated that in the last 45
63 years the population of *C. ramosae* decreased nearly 50%. However, this species was
64 categorized as “Near Threatened”, as its bathymetric and latitudinal distribution is wider
65 than the range exploited by the industrial fishing fleet (Instituto Chico Mendes, 2016;

66 Pezzuto *et al.*, 2016).

67 The small number of research vessels in operation limits the knowledge of the
68 Brazilian marine fauna, especially in regions deeper than 200 m. The existing
69 information about these regions comes mainly from the industrial fishing. In these
70 cases, however, the estimation of distribution and abundance might be biased because
71 the industrial fishing has a typical non-random search mode towards their target species
72 (Walters, 2003). Although marine fauna inventories have been done previously in
73 Brazil, mainly focusing the southeast and extreme south, some of them occurred more
74 than three decades ago and were sporadic and irregular (Haimovici *et al.*, 2007).
75 However, despite of being provided by industrial fishing vessels, Pezzuto *et al.* (2002)
76 did analyze unbiased data, once deep-sea crabs were caught during an exploratory phase
77 of the fishery when almost none were known about occurrence and abundance of their
78 stocks. Conversely, the evaluation of the effectiveness of deep-sea fisheries
79 management measures is recommended by FAO (2009), which establishes that
80 countries should monitor the implementation of their fisheries management plans, and
81 periodically review the plans using the best data available.

82 In this sense, the aim of the study was to verify the validity of two restriction
83 measures present in the normative which regulates the fishing of *C. ramosae* in
84 Brazilian waters: i) the minimum fishing depth of 500 m, and ii) prohibition of fishing,
85 during summer and autumn, at depths lesser than 700 m. In order to achieve this, we
86 sought to identify the patterns of the bathymetric, latitudinal and seasonal distribution of
87 *C. ramosae* in southern Brazil and, also, to analyze the reproductive period, proportion
88 and sexual maturity from samples obtained in five research cruises.

89

90

91

MATERIALS AND METHODS

92

93 **Study area**

94 The Brazilian Economic Exclusive Zone (EEZ) is characterized by low nutrient
95 concentrations and low productivity. However, the Subtropical Convergence (SC)
96 contributes to increase its productivity (Rossi-Wongtschowsky *et al.*, 2006; Castello *et al.*,
97 2012). The SC ($38^{\circ}\text{S} \pm 2^{\circ}$) is formed by the encounter of the Brazilian and Falklands
98 currents in the southeastern and southern regions (Olson *et al.*, 1988). The continental

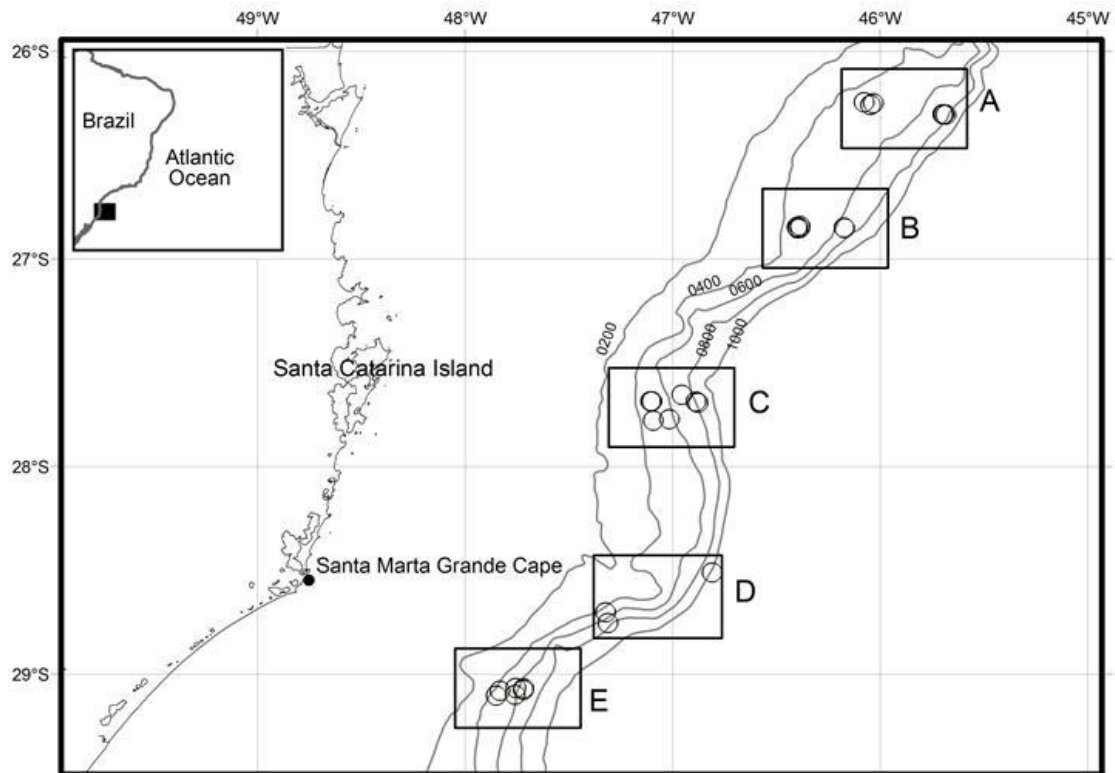
99 shelf between Cape of São Tomé (22°S) and Chuí (34°34'S) is wider in the central part
100 and narrower next to Cabo Frio (23°S) and Cape Santa Marta Grande (28°40'S),
101 furthermore it is also characterized by a very gentle slope less than 2 m/km. In the upper
102 continental slope, the slope is about 20 m/km, except between Rio Grande and Chuí,
103 where it is 80-130 m/km, and north of Cabo Frio, where it is 100 m/km. The shelf
104 break, where the continental slope begins, occurs at depths between 160 and 190 m
105 (Zembruscki *et al.*, 1972; Haimovici *et al.*, 2007).

106

107 **Sampling**

108 Five research cruises were conducted in 2009 (winter and spring) and 2010
109 (summer, autumn and winter), aboard the R/V Soloncy Moura. This vessel belongs to
110 the "Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste
111 e Sul do Brasil" (CEPSUL), of the Brazilian Ministry of Environment. The sampling
112 stations were distributed off the southwestern Brazilian coast between 400 and 1000 m
113 depth, along the upper continental slope from 26° to 29°S. This area was divided in five
114 latitudinal sectors: North (26°14'-26°18'S), Central-north (26°50'-26°51'S), Central
115 (27°15'-27°46'S), Central-south (28°31'-28°45'S), and South (29°03'-29°05'S) (Fig.
116 1). The bathymetry was grouped using intervals of 200m depths, and the samples of
117 each cruise were grouped seasonally: winter and spring'2009 and summer, autumn and
118 winter'2010. The total sampling effort was approximately 265 hours (Table 1).

119



120

121 **Figure 1.** Sampling area conducted in 2009 (winter and spring) and 2010 (summer,
 122 autumn and winter), aboard the R/V Soloncy Moura/CEPSUL. Circles indicate the
 123 sampling stations and rectangles indicate the latitudinal sectors: A-North (26°14'-
 124 26°18'S), B-North-central (26°50'-26°51'S), C- Central (27°15'-27°46'S), D-South-
 125 central (28°31'-28°45'S), and E-South (29°03'-29°05'S).

126

127 To capture the crabs, we carried out 32 fishing operations with four pots per
 128 main line, baited with skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). The pots
 129 were of a beehive pot type with a conical iron frame (Japanese model for deep-sea crab
 130 fishing) (Slack-Smith, 2001). On the upper face of the frame there was a plastic
 131 entrance with 30cm of diameter, and the covering surface was nylon netting with a
 132 mesh size of 20 mm. Each pot was fixed to a secondary line of 2 m long, which was
 133 attached to the main line. The distance between pots was 30 m (Fig. 2).

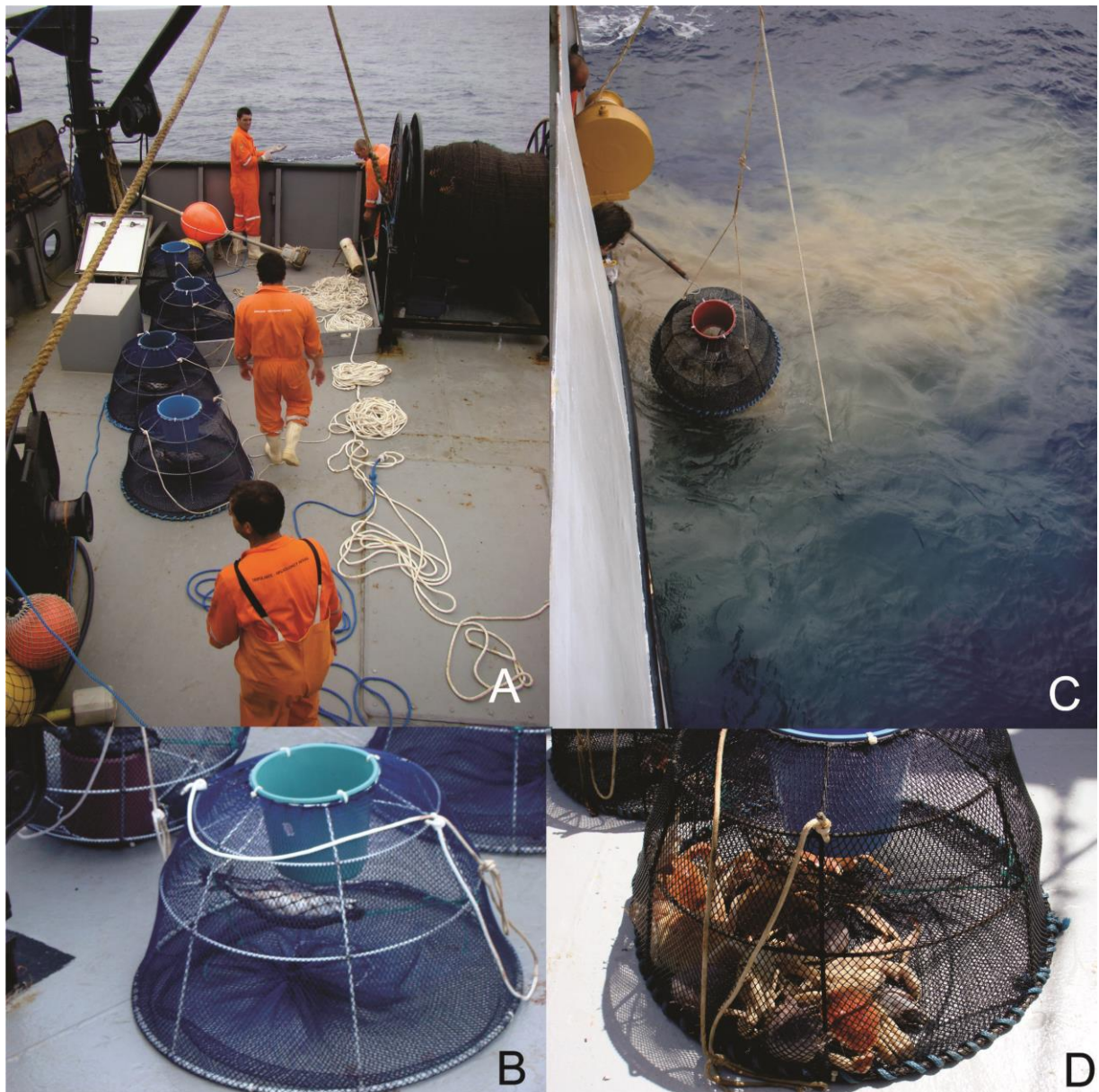
134 These pots have been the main fishing device used to capture deep-sea crabs in
 135 Brazil (*Chaceon* spp.) (Athiê & Rossi-Wongtschowski, 2004).

136

137 **Table 1.** Date, hauling number, start latitude/longitude, latitudinal sector, depth (m) and
 138 duration of hauling time (h). The fishing hauls where pots were not collected are stated
 139 as “lost”, and then, these hours were not counted for the total sampling effort.

Date	Nº of haul	Start Lat.	Start Log.	Sector	Initial depth	Duration
14/08/2009	1	29°06.17' S	47°51.078' W	South	570	11:12
16/08/2009	2	27°46.67' S	47°05.659' W	Central	500	09:30
16/08/2009	3	27°46.24' S	47°00.993' W	Central	530	11:00
25/10/2009	4	26°50.41' S	46°23.205' W	North-central	430	02:52
25/10/2009	5	26°51.03' S	46°10.344' W	North-central	750	06:45
26/10/2009	6	27°39.35' S	46°52.497' W	Central	750	lost
26/10/2009	7	27°41.11' S	47°06.405' W	Central	530	09:28
27/10/2009	8	28°42.09' S	47°19.403' W	South-central	580	06:56
27/10/2009	9	29°05.96' S	47°45.597' W	South	560	09:26
27/02/2010	10	26°14.95' S	46°02.026' W	North	460	14:55
27/02/2010	11	26°18.23' S	45°41.09' W	North	750	15:20
28/02/2010	12	26°50.93' S	46°10.483' W	North-central	620	06:20
28/02/2010	13	26°50.73' S	46°24.138' W	North-central	433	07:05
12/03/2010	14	29°04.78' S	47°49.979' W	South	457	10:40
12/03/2010	15	29°03.95' S	47°45.365' W	South	600	09:10
13/03/2010	16	28°30.58' S	46°48.669' W	South-central	970	12:50
13/03/2010	17	28°33.83' S	47°04.522' W	South-central	400	lost
14/03/2010	18	27°41.24' S	46°53.359' W	Central	772	05:45
04/06/2010	19	27°41.1' S	47°06.007' W	Central	536	12:10
09/06/2010	20	27°41.48' S	46°52.729' W	Central	774	13:10
08/06/2010	21	26°14.63' S	46°04.712' W	North	436	12:58
08/06/2010	22	26°18.15' S	45°41.98' W	North	711	15:30
08/06/2010	23	26°50.65' S	46°10.483' W	North-central	616	lost
09/06/2010	24	26°51.16' S	46°23.875' W	North-central	433	08:40
30/06/2010	25	29°04.05' S	47°43.051' W	South	600	07:30
01/07/2010	26	28°31.68' S	47°52.301' W	South-central	749	lost
11/08/2010	27	26°15.42' S	46°02.826' W	North	721	06:00
11/08/2010	28	26°18.09' S	45°41.665' W	North	455	06:23
21/08/2010	29	26°51.04' S	46°23.3' W	North-central	438	08:18
22/08/2010	30	27°39.25' S	46°57.358' W	Central	703	06:37
23/08//2010	31	28°45.21' S	47°18.742' W	South-central	816	06:11
24/08//2010	32	29°04.55' S	47°43.205' W	South	650	06:27

140



141

142 **Figure 2.** A – Main line with a series of four pots ready to haul; B - Pot with bait before
143 to be hauling; C- Hauling the pot to a surface; D – Pot with prays after fishing.

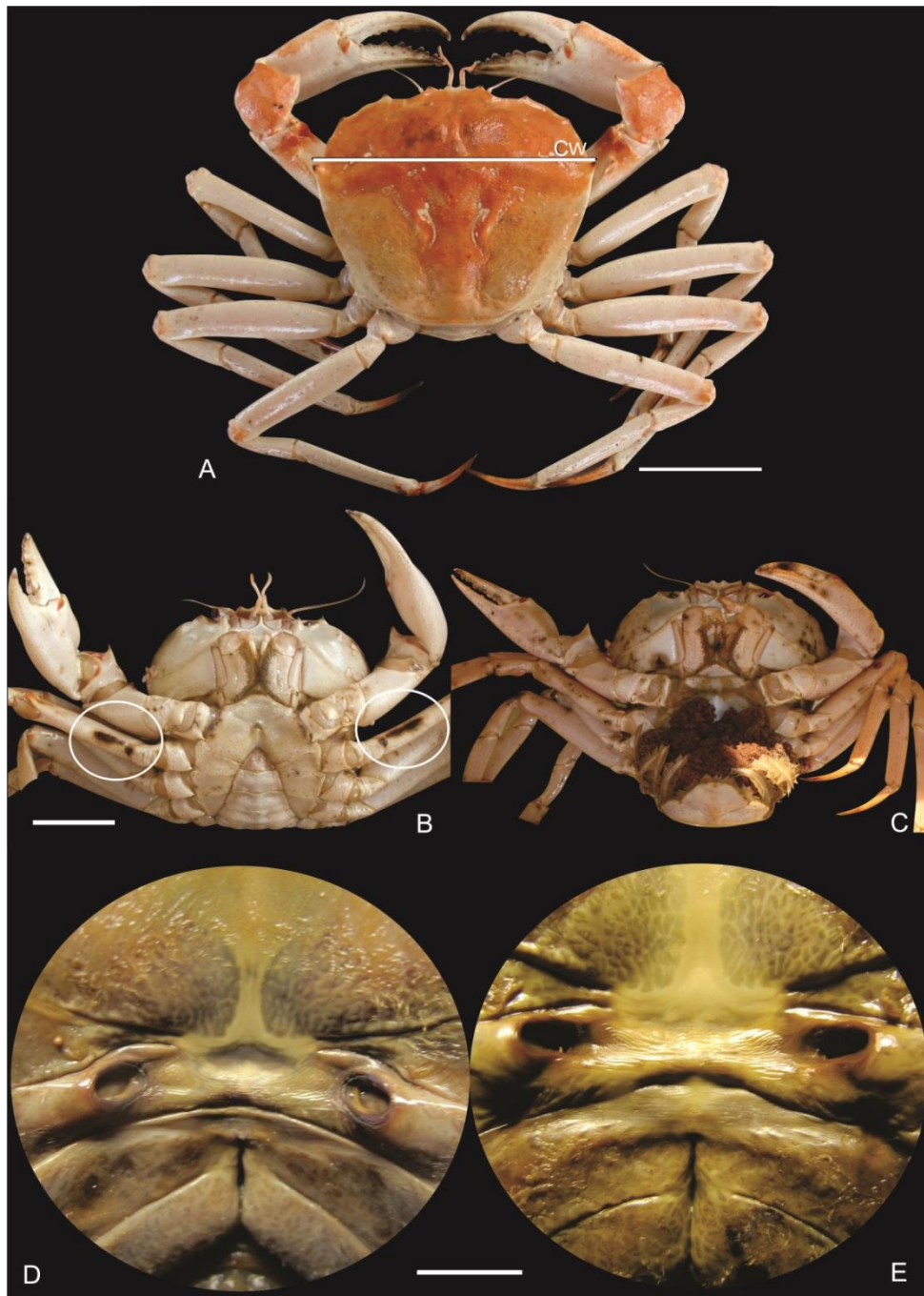
144

145 **Biometry**

146 The carapace width (CW) of all crabs was measured to the nearest 0.1 mm using
147 vernier caliper, as the maximum transversal distance at the midline of the carapace,
148 including the dorso-lateral spines. The sex was determined upon the presence of sexual
149 secondary characters: the shape of abdomen and absence of gonopods. As from the
150 identification of copula evidences in males and females, the animals were grouped in 5
151 categories: i) males without mating marks; ii) males with mating marks (dark spots on
152 the ventral side of the coxae, ischia, and meri); iii) females with closed vulvae

153 (gonopores near thoracic sternal suture 5/6); iv) females with opened vulvae and v)
154 ovigerous females (with eggs attached to pleopods) (Elner *et al.*, 1987; Melville-Smith,
155 1987; Biscoito *et al.*, 2015) (Fig. 3).

156



157

158 **Figure 3.** *C. ramosae* A- Carapace width (CW) (scale = 10 cm); B- Male showing
159 mating marks (circles) (scale = 5 cm); C- ovigerous females; D- Female with closed
160 vulvae (scale = 1cm); E- Female with opened vulvae (scale = 1cm).

161

162

163 **Identification and vouchers**

164 The animals were identified according to Manning *et al.* (1989) and Melo
165 (1996). Some of the sampled animals were cryo-anesthetized and subsequently fixed

166 and preserved in 95% ethanol. Vouchers were deposited in the Biological Collection of
167 CEPSUL (n° 168–175, 177, 178, 183, 186) and the samplings were authorized by the
168 Brazilian authority (SISBIO/ICMBio license n° 16886-2).

169

170 **Data Analysis**

171 The analysis of variation in the distribution and abundance of collected *C.*
172 *ramosae* (sex and age groups categories) was undertaken from the calculation of Catch
173 Per Unit Effort (CPUE, in number of individuals per 6 h captured in fishing operations
174 with four pots per main line). Since CPUE variances of the depth intervals were not
175 homogeneous, they were compared with the non-parametric Kruskal-Wallis test.
176 However, CPUEs among the latitudinal sectors were compared by analysis of variance
177 (ANOVA) (Ayres et al., 2007; Borcard et al., 2011). A cluster analysis (Unweighted
178 Pair-Group Method using arithmetic Averages - UPGMA) was used to verify how the
179 categories are related (males without marks, males with marks, females with closed
180 vulvae, female with opened vulvae and ovigerous females) according to the variation of
181 latitude, bathymetry and seasons (Legendre & Legendre, 1998; Borcard *et al.*, 2011). A
182 Principal Component Analysis (PCA) was used to verify how the males and females
183 categories were distributed along the latitudinal, bathymetric, and seasonal gradients.
184 The importance of each variable and their contribution to the pair of axes was analyzed
185 from the circle of equilibrium contribution (Borcard *et al.*, 2011). The relationship
186 between female carapace width (mm) and depth (m) was analyzed by a linear
187 regression.

188 Female size at the onset of sexual maturity was estimated from the size class
189 containing 50% of mature females (ovigerous or with open vulvae) (Santos, 1978;
190 Vazzoler, 1981). Male size at sexual maturity was estimated based on the presence of
191 mating marks (Melville-Smith, 1987; Pezzuto & Sant'Ana, 2009). The dispersion of
192 points was adjusted to the sigmoid model ($y=1/1+e^{(LC-LC50)}$), adapted from Fontelhes-
193 Filho (1989) and Vazzoler (1996). The sex ratio was compared between the
194 bathymetric, latitudinal, and seasonal gradients, using a chi-square test with Yates'
195 correction or G-test with Williams' correction, with a 5% significance level. The
196 reproductive period was determined by the presence of ovigerous females.

197 The R (R Development Core Team, 2014) was used for the estimation of size at
198 the onset of sexual maturity. The software Statistica 7.1 (StatSoft Inc., 2005) was used

199 for the UPGMA and PCA.

200

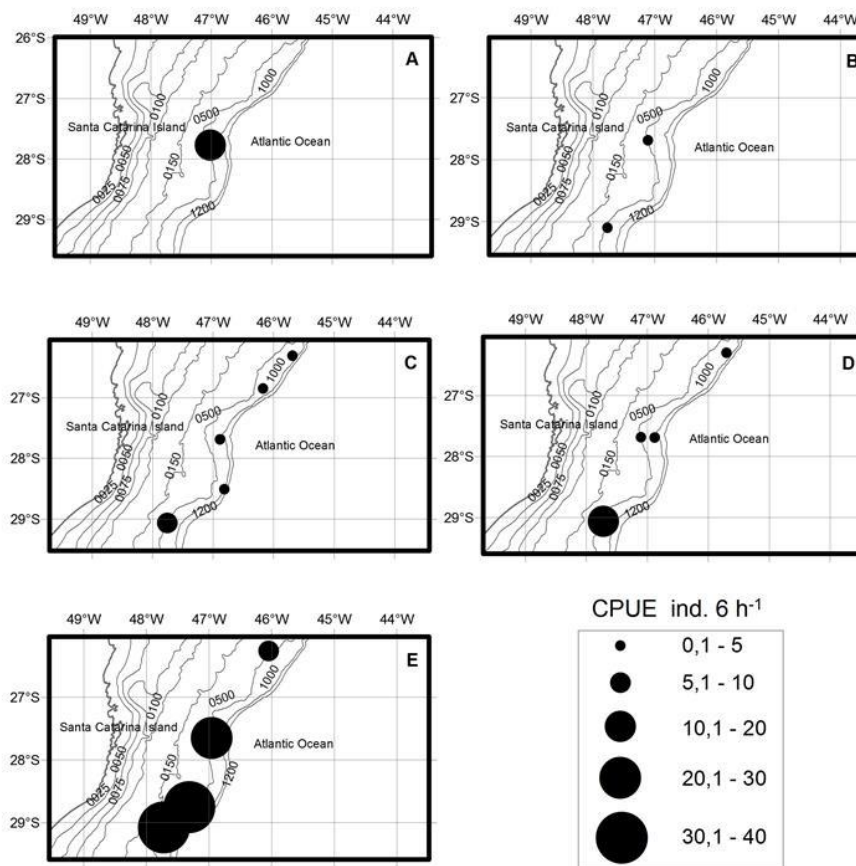
201

202

RESULTS

203 In total, 195 individuals were captured: 128 males and 67 females (17
 204 ovigerous). The highest CPUE occurred in the Southern sector (CPUE = 9.9) and
 205 between 801 and 900 m depth (CPUE = 36.8). However, the CPUE was not
 206 significantly different among latitudinal sectors (ANOVA: $P = 0.3474$) or depths
 207 intervals (Kruskal-Wallis: $P = 0.0814$) (Fig. 4). Most individuals, and especially the
 208 ovigerous females, were captured during winter, and almost all ovigerous females ($n =$
 209 16) were captured in the Central sector and between 501 and 600 m (Table 2).

210



211

212 **Figure 4.** Catch per unit effort (ind. 6 h⁻¹) per season (A – winter 2009, B – spring, C –
 213 summer, D – autumn, E – winter 2010) in the sampling stations during the research
 214 cruises aboard the R/V Soloncy Moura/CEPSUL.

215

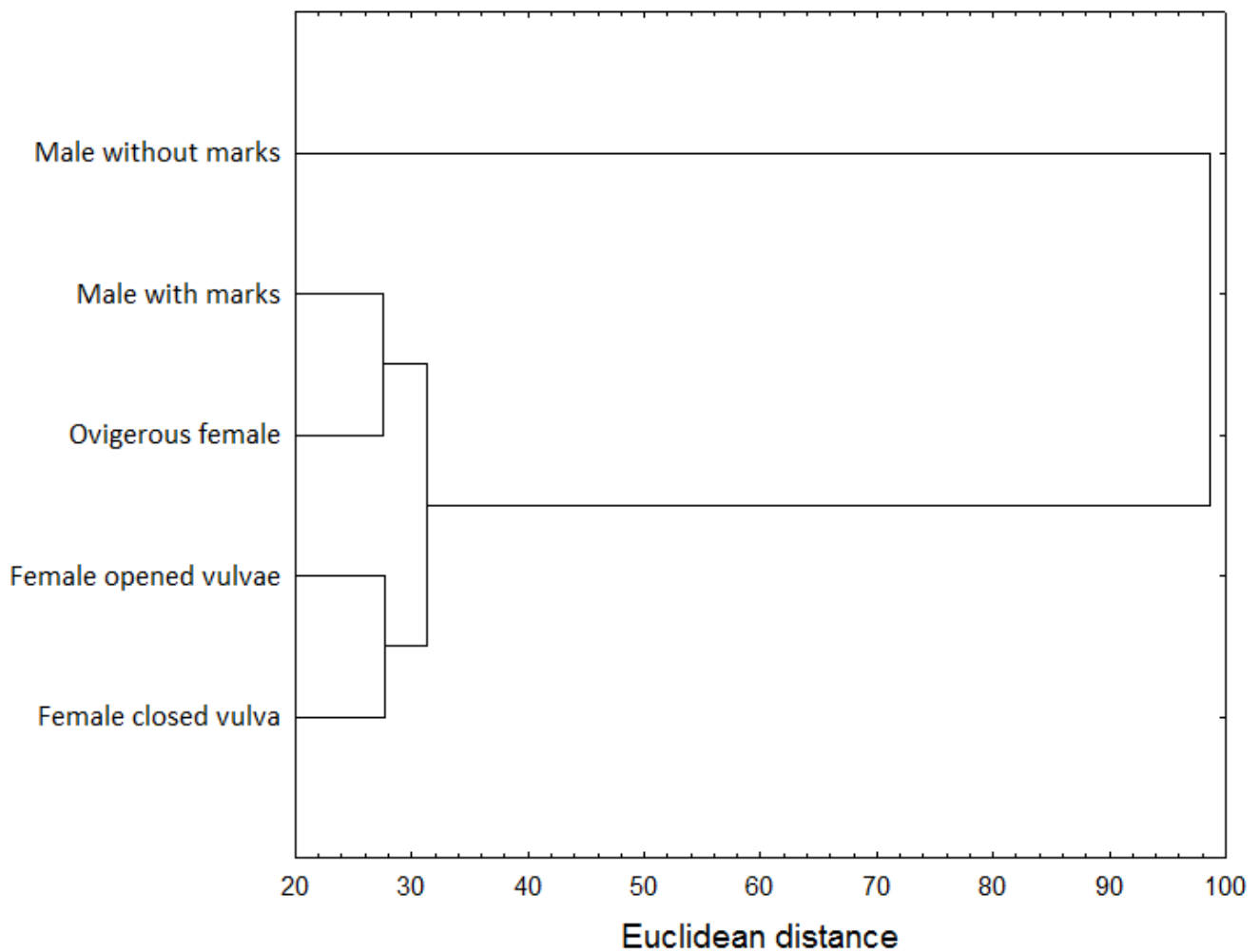
216 **Table 2.** Catch per unit effort (ind 6 h⁻¹) of males and females per season (winter and
 217 spring'2009; summer, autumn and winter'2010), along the latitudinal (North -
 218 26°14'–26°18'S, North-central - 26°50'–26°51'S, Central - 27°15'–27°46'S, South-
 219 central - 28°31'–28°45'S, and South - 29°03'–29°05'S) and bathymetric gradients.

Variables	Males			Females	
	without marks	with marks	closed vulvae	open vulvae	ovigerous
Winter'09	1,1	0,2	0,0	0,0	3,0
Spring	0,1	0,4	0,0	0,4	0,0
Summer	1,4	0,4	0,1	0,1	0,0
Autumn	1,0	1,0	0,0	0,3	0,1
Winter'10	10,4	0,3	2,3	3,3	0,0
North	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0
North-central	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
Central	3,2	0,3	0,0	0,4	1,3
South-central	5,7	0,0	1,8	0,2	0,0
South	2,8	2,5	0,9	3,4	0,1
401-500	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
501-600	1,2	1,4	0,0	0,4	1,3
601-700	5,2	0,9	2,8	9,4	0,0
701-800	4,1	0,4	0,0	0,2	0,0
801-900	28,2	0,0	7,8	1,0	0,0
901-1000	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0

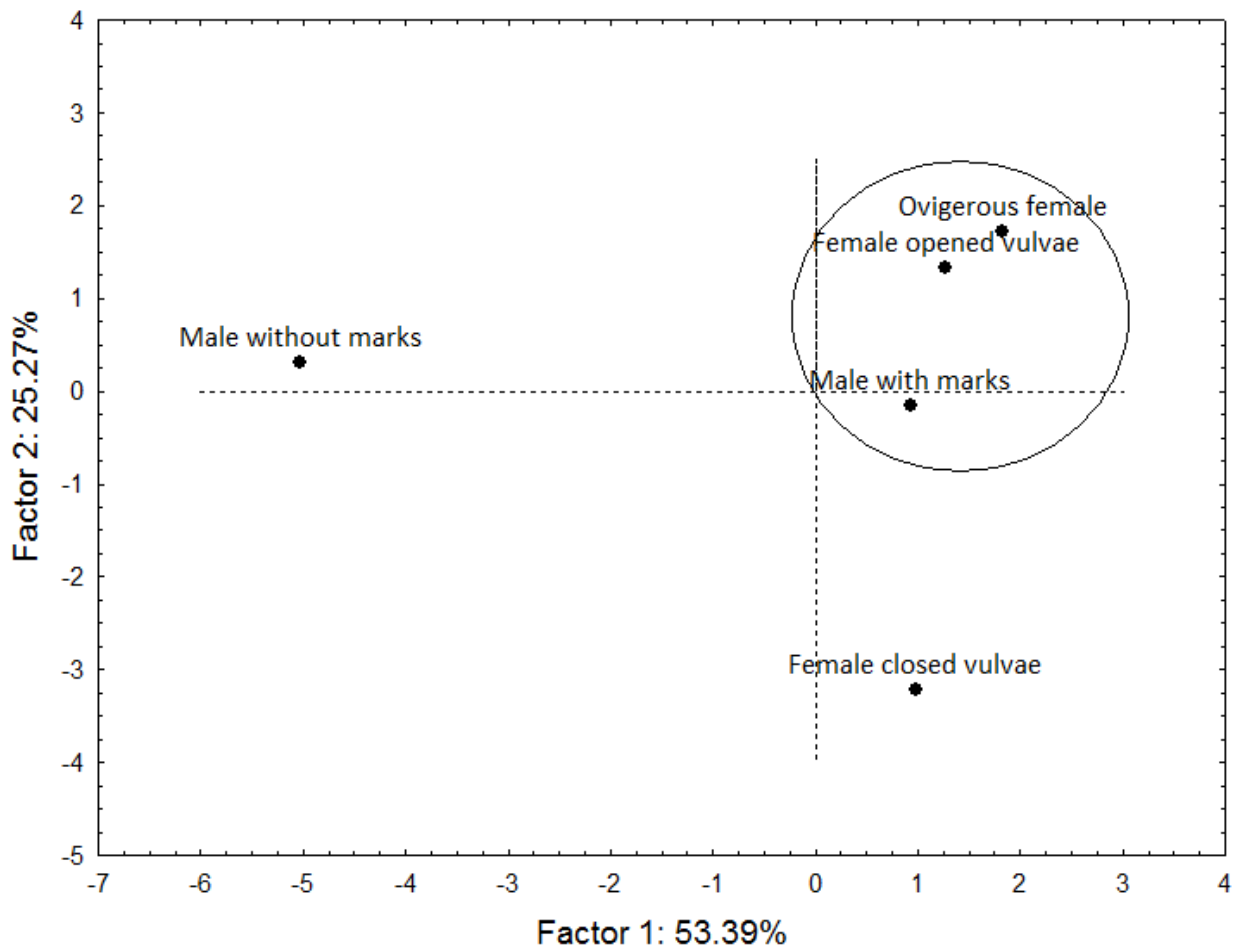
220

221 Fifty percent of males and 67% of females were captured between 600 and 800
 222 m depth. There was a clear bathymetric pattern in the distribution of females: females
 223 with a closed vulvae occurred in the deepest areas, those with an open vulvae occurred
 224 in intermediate depths, and ovigerous females were only captured in the shallowest
 225 areas, within 400-600 m of depth. A similar relationship was observed in males:
 226 immature (without marks) males were mainly captured in deeper regions, whereas
 227 mature ones were captured in shallower areas (Table 2).

228 The UPGMA relating the abundances to the bathymetric, latitudinal, and
 229 seasonal gradients showed two main groups (distance = 98.6), one formed by males
 230 without mating marks, and another formed by the other four categories. The latter
 231 group, in turn, was formed by two subgroups (distance = 31.2), one consisting of males
 232 with mating marks and ovigerous females, and the other consisting of females with
 233 open and closed vulvae (Fig. 5). The PCA indicated that ovigerous females, females
 234 with an open vulvae and males with mating marks were similarly distributed along the
 235 gradients. The two first axes explained 78.6% of the total variation (Fig. 6). Latitudinal
 236 sectors (Axis 1) and depth (Axis 2) were the two variables which contributed more to
 237 this distribution.



238 **Figure 5.** Cluster analysis (UPGMA) of males and females along the latitudinal (North
239 – 26°14'-26°18'S, North-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, South-
240 central – 28°31'-28°45'S, and South – 29°03'-29°05'S), bathymetric (between 400 and
241 1000 m depth) and seasonal gradients (winter and spring'2009; summer, autumn and
242 winter'2010).
243



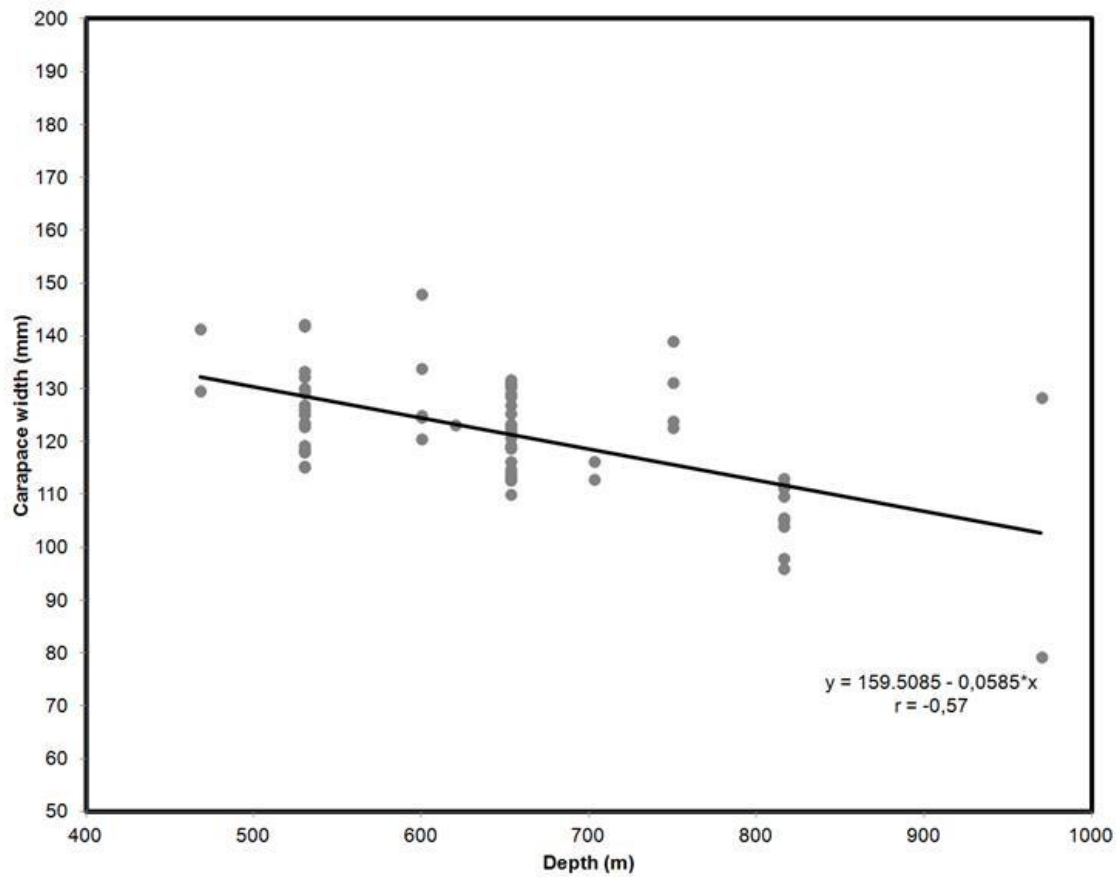
245 **Figure 6.** Ordination (PCA) of the abundance of males and females along the
 246 latitudinal, (North – 26°14'-26°18'S, North-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-
 247 27°46'S, South-central – 28°31'-28°45'S, and South – 29°03'-29°05'S), bathymetric
 248 (between 400 and 1000 m depth) and seasonal gradients (winter and spring'2009;
 249 summer, autumn and winter'2010). Axes 1 and 2 explained 78.6% of total variation.

250

251 The largest male and female measured reached 176.1 mm and 147.9 mm CW,
 252 respectively. In general, the largest individuals of both sexes (140.6 mm CW on
 253 average) were captured in shallow areas, between 400 and 600 m depth. The size was
 254 significantly different along the bathymetric gradient (Kruskal-Wallis $P = 0.0495$), and
 255 an increase in size with the decrease in depth was evident in the females (Fig. 7). The
 256 smallest and largest ovigerous females were 115 and 142 mm CW, respectively. The
 257 smallest male with mating marks was 123 mm CW, and the largest, 166 mm. The size at
 258 the onset of sexual maturity of males and females was estimated at 140 mm and 120

259 mm CW, respectively (Fig. 8).

260

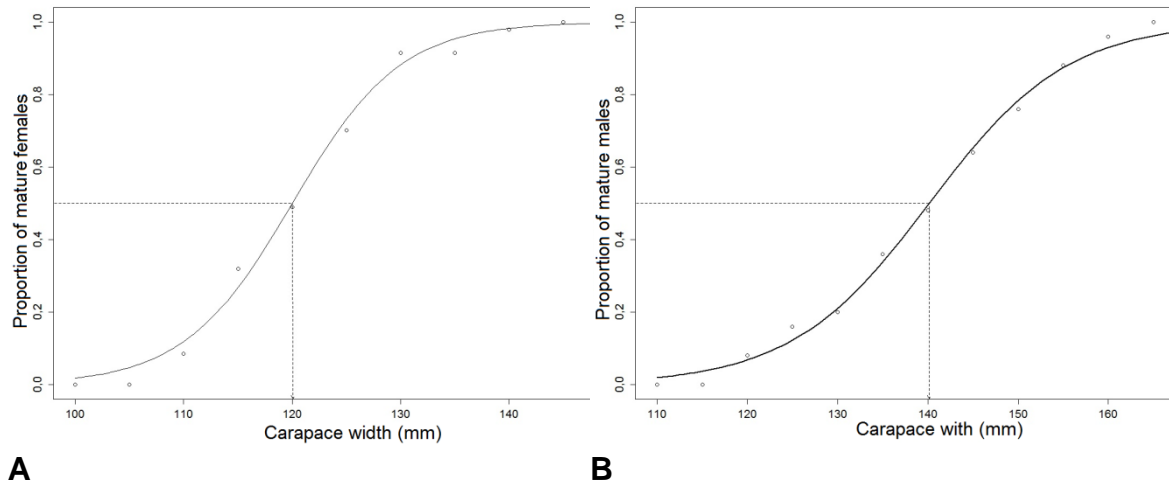


261

262 **Figure 7.** Relationship between female (n = 67) carapace width (mm) and depth (F =
263 31,3967; $P < 0.0001$).

264

265



266

267 **Figure 8.** A - Cumulative frequency of mature females (ovigerous or with open vulvae)
268 per size class (carapace width in mm). The L50 is 120 mm. B - Cumulative frequency
269 of mature males (with mating marks) per size class (carapace width in mm). The L50 is
270 140 mm.

271

272 The sex ratio favored males in almost all seasons and latitudinal sectors. Along
273 the bathymetric gradient, however, the sex ratio was biased towards females in the
274 shallowest region (401-700 m), and towards males in the deeper regions (701-900 m)
275 (Table 3).

276

277

278 **Table 3.** Sex ratio (males/females) along the seasonal, latitudinal, (North – 26°14'-
 279 26°18'S, North-central – 26°50'-26°51'S, Central – 27°15'-27°46'S, South-central –
 280 28°31'-28°45'S, South – 29°03'-29°05'S) and bathymetric gradients (m). ^a = chi-square
 281 test with Yates' correction, ^b = G-test with Williams' correction, * = significant.

Variables	Males	Females	Sex ratio (m/f)	P
Winter'09	7	16	0.4	0.0953 ^a
Spring	4	3	1.3	0.0542 ^b
Summer	25	3	8.3	< 0.0001 ^{1*}
Autumn	24	5	4.8	0.0008*
Winter'10	71	37	1.9	0.0015*
North	19	0	-	-
North-central	1	1	1.0	0.0261 ^{b*}
Central	45	21	2.1	0.0046*
South-central	31	11	2.8	0.0034*
South	36	30	1.2	0.5383
401-500	0	2	-	-
501-600	33	22	1.5	0.1775
601-700	13	26	0.5	0.0547
701-800	55	2	27.5	< 0.0001*
801-900	29	9	3.2	0.0021*
901-1000	2	2	1.0	0.0249 ^b

282

283

DISCUSSION

284

285 The high CPUE of *C. ramosae* recorded in the south of Cape Santa Marta
 286 Grande (29°19'S), and the presence of most ovigerous females between 27°15' and

287 27°46'S (Central sector), can be explained by some oceanographic processes in the
288 region. One process is the Subtropical Convergence (SC), already mentioned, which
289 increases productivity (Emilson, 1961; Carvalho *et al.*, 1998; Amaral & Jablonski,
290 2005; Rossi-Wongtschowsky *et al.*, 2006). A second one is the upwelling of the South
291 Atlantic Central Water during the northeasterly winds. This upwelling occurs especially
292 in spring and summer, and increases the local primary production. Consequently, the
293 primary productivity favors the survival of plankton and the reproduction of the benthic
294 fauna (Pires-Vanin & Matsuura, 1993; Matsuura, 1995). In addition, the distribution of
295 fish larvae in the southern portion of the continental shelf of southern Brazil is
296 influenced by the Plata Plume Water (Macedo-Soares *et al.*, 2014), which is an
297 important source of carbon of continental origin, particularly during periods of El Niño
298 Southern Oscillation (ENSO) (Piola *et al.*, 2005). Over the winter, the Plata Plume
299 Water occupies a coastal band several tens of kilometers wide, nearly reaching our
300 North-central latitudinal sector (26°14'-26°18'S) (Piola *et al.*, 2008).

301 Another process that can influence the distribution of animals is the formation of
302 frontal zones due to the encounter of water masses with different properties
303 (temperature, salinity, etc.). These frontal zones, when associated with divergent water
304 masses, generate upwelling events that bring nutrients up to the euphotic region. The
305 inflow of nutrients favors the growth of phytoplankton, which favors the growth of
306 other organisms. On the other hand, when the water masses converge, organisms with
307 less swimming abilities are aggregated and passively dragged down to the bottom
308 (Bakun, 2006). In the bottom, they can be preyed by opportunistic carnivores such as *C.*
309 *ramosae* (Domingos *et al.*, 2008). These phenomena have been identified as responsible
310 for the fluctuation in the biomass of deep-water populations in the south Brazil (Fischer,
311 2012). These two processes, upwelling and sinking, create feeding opportunities and
312 influence many organisms in different life stages. These food sources may benefit fast-
313 growing species with high mortality, as well as the slow-growing species with low
314 mortality (Bakun, 2006; Fischer, 2012), such as *C. ramosae*.

315 The presence of ovigerous females in shallow regions (500-600 m) of the
316 continental slope may promote the survival of larvae released there. At these depths, the
317 temperatures range from 4°C to 10°C, and the primary and secondary productivity are
318 higher than in deeper regions, due to the SC (Gutiérrez *et al.*, 2011). In Uruguay, most
319 ovigerous females of *C. notialis* occurred at 300-400 m depth (Gutiérrez *et al.*, 2011),

320 whereas in the Madeira archipelago and Canary Islands, ovigerous females were mainly
321 found at 800-1000 m depth. In the latter case, the absence of females in shallow areas
322 may be due to competition with other crab species (Biscoito *et al.*, 2015). In addition to
323 ovigerous females, larger and sexually mature individuals were also more abundant in
324 shallower regions (500-700 m), indicating that depth is the main environmental factor
325 influencing distribution. Males with mating marks, and females with open vulvae and
326 ovigerous formed a distinct group in this region. A similar trend was observed in most
327 geryonid crab populations, in *C. affinis* in the North Atlantic, where the size of both
328 sexes decreased with depth (Biscoito *et al.*, 2015). These results confirm precopulatory
329 mate guard behavior (Elnor *et al.*, 1987) associated with mating-related migration to
330 lower depths. The reproduction of *C. ramosae* is not only dependent of satisfactory
331 conditions to maturity individuals, with higher energy costs due to the reproductive
332 behavior, but also favorable conditions to the larvae survival.

333 Seasonal reproductive cycles are usually triggered by environmental changes,
334 such as day length and temperature. In the deep sea, none of these stimuli can trigger
335 reproduction (Melville-Smith, 1987). However, the absence of seasonal changes in
336 these environments has been disproved recently (Morales-Nin & Panfili, 2005;
337 Danovaro *et al.*, 2014). The seasonal food supply that reaches the deeper regions, in the
338 form of particulate organic carbon, is used by the benthic fauna for maintenance
339 (respiration) and growth (Rowe, 2013), and sexual maturation is influenced by, and
340 synchronized with, food availability (Rosa & Nunes, 2003). In addition, the sinking of
341 carcasses, by natural death or discards by industrial fishing, constitutes an important
342 food source for animals of large size and high mobility, such as *C. ramosae*.
343 Nonetheless, oceanographic processes that provide water exchange between two
344 currents (*e.g.*, eddies) also contribute to the nutrients fluxes, and have been identified as
345 responsible for biomass fluctuations of deep-sea populations (Fischer, 2012). Unlike *C.*
346 *affinis* in the Canary Islands, where ovigerous females were found throughout the year
347 (Biscoito *et al.*, 2015), ovigerous females of *C. ramosae* were only found in autumn and
348 winter, suggesting a seasonal reproductive pattern in the studied area. Contrary to what
349 occurs in most brachyuran species, evidences of seasonal reproduction in geryonid crabs
350 is scarce (Wigley *et al.*, 1975; Haefner, 1978; Lux *et al.*, 1982; Melville-Smith, 1987).
351 The reproductive cycle of *C. ramosae* is probably regulated by the seasonal availability
352 of food, as already observed for other species (George & Menzies, 1968; Barradas-Ortiz

353 *et al.*, 2003; Rose & Nunes, 2003). However, the synergy among the oceanographic
354 processes involved in the regulation of food availability, in the southeast and south of
355 Brazil, and its influence on the life cycle of deep-sea populations, still needs to be better
356 understood. However, the highest seasonal variation of CPUEs, between winter 2009
357 and 2010, it is probably explained by the different sampling depths and not by the
358 different environment condition of the seasons. In 2009, the research cruiser sampled
359 regions between 500 and 600 m depth, and in the winter of 2010 regions between 400
360 and 800 m.

361 The size at onset of sexual maturity estimated here for females and males, 120
362 mm and 140 mm CW, respectively, was very similar to those estimated by Pezzuto &
363 Sant'Ana (2009): 122 mm and 136 mm. In their study, the crabs were captured by
364 industrial fishing vessels and the sample size was larger than in our study (511 males
365 and 579 females).

366 Regarding the validity of the current *C. ramosae* fishing regulation in Brazil
367 (SEAP Normative Instruction # 21, December 1, 2008), our results do confirm the need
368 to prohibit the capture in areas less than 500 m depth, since ovigerous females were
369 only recorded at depths of 600 m or less. The uncontrolled capture along this area,
370 allowing ovigerous females to be captured, does put reproduction in risk, with
371 immediate negative implications to population recruitment. Moreover, the prohibition of
372 fishing during summer and autumn at depths lesser than 700 m can perhaps be
373 reviewed, since ovigerous females were mainly collected during winter and always at
374 depths lesser than 600 m. However, it should be considered that only a total of 17
375 ovigerous females were sampled on our cruises. Reductions in conservation measures to
376 *C. ramosae*, elaborated from monitoring of catches made by industrial vessels leased in
377 the early 2000s, can only be made when new research cruises, using a bigger sampling
378 effort, capture more ovigerous females. In conclusion, the maintenance and recovery of
379 the *C. ramosae* population is ensured by the current national fishing regulation.

380

381

ACKNOWLEDGEMENTS

382

383 The authors wish to express their gratitude to the *Centro Nacional de Pesquisa e*
384 *Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul* (CEPSUL) staff, Roberta
385 Aguiar dos Santos, Felipe Farias Albanex, Elisabeth Michelletti and Luiz Fernando

386 Rodrigues; to the undergraduate students of UFSC, UNIVALI and FURB that helped
387 with sampling; to the crew of the R/V Soloncy Moura/CEPSUL; to Karin Schacht,
388 Allan Scalco, Bernardo Cerantola and Paula Salge, for suggestions and support in
389 drafting the manuscript; and to CNPq for grants given to PBA. This research was
390 supported by the *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* (ICMBio)
391 and *Comissão Interministerial para os Recursos do Mar* (CIRM) by means of
392 *Avaliação, Monitoramento e Conservação da Biodiversidade Marinha* (REVIMAR).
393 The authors also would like to thank the anonymous reviewers for their important
394 contributions.

395

396

REFERENCES

397

398 Amaral A.C.Z. & S. Jablonski. 2005. Conservation of marine and coastal biodiversity in
399 Brazil. *Conserv. Biol.*, 19: 625-631.

400 Athiê A.A.R. & C.L.B. Rossi-Wongtschowski. 2004. Os caranguejos-de-profundidade
401 na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: análise das
402 operações de pesca e das capturas do N/P Kimpo Maru nº58. Instituto
403 Oceanográfico – USP, São Paulo, 64 pp.

404 Ayres, M., M. Ayres Júnior, D.L. Ayres & A.D.A. Santos. 2007. Aplicações estatísticas
405 nas áreas das ciências bio-médicas. Instituto Mamirauá, Belém, 364 pp.

406 Bakun A. 2006. Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae:
407 opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Sci. Mar.*, 70: 105-122.

408 Barradas-Ortiz C., Briones-Fourzan P. & Lozano-Alvarez E. 2003. Seasonal
409 reproduction and feeding ecology of giant isopods *Bathynomus giganteus* from the
410 continental slope of the Yucatan peninsula. *Deep-Sea Res. I*, 50: 495-513.

411 Biscoito M., M. Freitas, J.G. Pajuelo, R. Triay-Portella, J.I. Santana, A.L. Costa, J.
412 Delgado & J.A. Gonzále. 2015. Sex-structure, depth distribution, intermoult period
413 and reproductive pattern of the deep-sea red crab *Chaceon affinis* (Brachyura,
414 Geryonidae) in two populations in the north-eastern Atlantic. *Deep-Sea Res. I*, 95:
415 99-114.

416 Borcard, D., F. Gillet & P. Legendre. 2011. Numerical ecology with R. Springer
417 Science & Business Media, New York, 306 pp.

418 Carvalho J.L.B., C.A.F. Schettini & T.M. Ribas. 1998. Estrutura termohalina do litoral

- 419 Centro-Norte catarinense. Notas Téc. FACIMAR 2: 181-197.
- 420 Castello, J.P.; M. Haimovici, C. Odebrecht & C.M. Vooren. 2012. The Continental
421 Shelf and Slope. In: Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in
422 the Southwestern Atlantic. Seeliger U., C. Odebrecht, J.P. Castello (Eds). Springer
423 Science & Business Media, Berlin, pp. 171-178.
- 424 Clark M.R., F. Althaus, T.A. Schlacher, A. Williams, D.A. Bowden & A.A. Rowden.
425 2016. The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. ICES J.
426 Mar. Sci.,73: 51-69.
- 427 Danovaro R., P.V.R. Snelgrove & P. Tyler. 2014. Challenging the paradigms of deep-
428 sea ecology. Trends Ecol. Evol., 29: 465-475.
- 429 Domingos S.S., A.A.R. Athiê & C.L.B. Rossi-Wongtschowski. 2008. Diet of *Chaceon*
430 *ramosae* (Decapoda, Brachyura) on the southern brazilian exclusive economic
431 zone. Braz. J. Oceanogr., 56: 59-63.
- 432 Elner, R.W., S. Koshio, & G. V. Hurley. 1987. Mating behavior of the deep-sea red
433 crab, *Geryon quinquegens* Smith (Decapoda, Brachyura, Geryonidae). Crustaceana,
434 52(2): 194-201.
- 435 Emilson I. 1961. The shelf and coastal Waters off southern Brazil. Bol. Inst. Oceanogr.,
436 11: 101-112.
- 437 FAO. 2009. International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the
438 High Seas. FAO, Rome, 73pp.
- 439 Ferreira R.C.P., D.M. Nunes, R.A. Shinozaki-Mendes, A.M.A. Pires & F.H.V. Hazin.
440 2016. First record and preliminary information on the biology of the deep-sea
441 African crab, *Chaceon gordonae* (Ingle, 1985) (Brachyura: Geryonidae) in Saint
442 Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Lat. Am. J. Aquat. Res., 44(2): 392-400.
- 443 Fischer L.G. 2012. Distribuição, Biomassas e Ecologia de Macrouridae (Teleostei,
444 Gadiformes) no Talude Continental do Sul do Brasil, com ênfase em *Coelorrinchus*
445 *marinii* Hubbs 1934 e *Malacocephalus occidentalis* Goode & Bean 1885. PhD
446 thesis. Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, Brazil. 266 pp.
- 447 Fonteles-Filho, A.A. 1989. Recursos pesqueiros. Biologia e dinâmica populacional.
448 Imprensa Oficial do Ceará, Fortaleza, 296 pp.
- 449 George R.Y. & R.J. Menzies. 1968. Further evidence for seasonal breeding cycles in
450 deep sea. Nature, 220: 80-81.
- 451 Groeneveld J.C., B.I. Everett, S.T. Fennessy, S.P. Kirkman, J. Santos & W.D.

- 452 Robertson. 2013. Spatial distribution patterns, abundance and population structure
453 of deep-sea crab *Chaceon macphersoni*, based on complementary analyses of trap
454 and trawl data. Mar. Freshw. Res., 64: 507-517.
- 455 Gutiérrez N.L., Masello A., Uscudun G. & Defeo O. 2011. Spatial distribution patterns
456 in biomass and population structure of the deep sea red crab *Chaceon notialis* in the
457 Southwestern Atlantic Ocean. Fish. Res., 110: 59-66.
- 458 Haefner P.A. Jr. 1978. Seasonal aspects of the biology, distribution and relative
459 abundance of the deep-sea red crab *Geryon quinquedens* Smith, in the vicinity of
460 the Norfolk Canyon, western North Atlantic. Proc. Natl. Shellfish. Ass., 68: 49-62.
- 461 Haimovici M., A.O.A. da Silva, L.V. de Miranda & S. Klippel. 2007. Prospecção na
462 Região Sudeste-Sul. In: Haimovici M. (ed) A prospecção pesqueira e abundância de
463 estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: Levantamento de dados e
464 avaliação crítica. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 35-73.
- 465 IUCN. 2013. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version
466 10. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee –World Wide Web
467 electronic publication, accessible at
468 <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>. (Accessed:
469 4/21/2015).
- 470 Instituto Chico Mendes. 2016. Avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil:
471 2010-2014 –World Wide Web electronic publication, accessible at
472 [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/
473 download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_crustaceos_2010_2014.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_crustaceos_2010_2014.pdf).
474 (Accessed: 12/10/2016).
- 475 Legendre P. & L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. 2nd english edition. Elsevier,
476 Amsterdam, 852 pp.
- 477 Lima J.H.M. & R. Lima Branco. 1991. Análise das operações de pesca do caranguejo
478 de profundidade (*Geryon quinquedens* Smith, 1879) por barcos japoneses
479 arrendados na região sul do Brasil – 1984/85. Atlântica, 13: 179-187.
- 480 Lux F.E., A.R. Ganz & W.F. Rathjen. 1982. Marking studies on the red crab *Geryon*
481 *quinquedens* Smith off Southern New England. J. Shellfish Res., 2: 71-80.
- 482 Macedo-Soares L.C.P., C.A.E. Garcia, A.S. Freire & J.H. Muelbert. 2014. Large-scale
483 ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil Shelf. Plos
484 One, 9: e91241.

- 485 Manning R. B. & L. B. Holthius. 1989. Two new genera and nine new species of
486 geryonid crabs (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). Proc. Biol. Soc. Wash.,102: 50-
487 77.
- 488 Manning R.B., Tavares M. & Albuquerque E.F. 1989. *Chaceon ramosae*, a new deep
489 water crab from Brazil (Crustacea: Decapoda: Geryonidae). Proc. Biol. Soc. Wash.,
490 102: 646–650.
- 491 Mantelatto F.L., P.R. Pezzuto, A. Masello, C.L.D.B. Rossi-Wongtschowski, A.W.S.
492 Hilsdorf & N. Rossi. 2014. Molecular analysis of the commercial deep-sea crabs
493 *Chaceon ramosae* and *Chaceon notialis* (Brachyura,Geryonidae) reveals possible
494 cryptic species in the South Atlantic. Deep-Sea Res. I, 84: 29-37.
- 495 Matsuura Y. 1995. Exploração Pesqueira. In: Ministério do Meio Ambiente (ed.) Os
496 ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento.
497 Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 40-46.
- 498 Melo G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do
499 Litoral brasileiro. Plêiade/FAPESP, São Paulo, 603 pp.
- 500 Melville-Smith R. 1987. The reproductive biology of *Geryon maritae* (Decapoda,
501 Brachyura) off South West Africa/Namibia. Crustaceana. 53: 259-275.
- 502 Melville-Smith R. 1989. A growth model for the deep-sea red crab (*Geryon maritae*) off
503 South Africa/Namibia (Decapoda, Brachyura). Crustaceana, 56: 279-292.
- 504 Mincarone M.M. & M.E. Anderson. 2008. A new genus and species of eelpout
505 (Teleostei: Zoarcidae) from Brazil. Zootaxa, 1852: 65–68.
- 506 Morales-Nin B. & Panfili J. 2005. Seasonality in the deep sea and tropics revisited:
507 what can otoliths tell us? Mar. Freshw. Res., 56: 585-598.
- 508 Olson, D.B., G.P. Podestá, R.H. Evans & O.B. Brown. 1988. Temporal variations in the
509 separation of Brazil and Malvinas Currents. Deep-Sea Res. Part A. Oceanographic
510 Research Papers, 35(12): 1971-1990.
- 511 Perez J.A.A. & R. Wahrlich. 2005. A bycatch assessment of the gillnet monkfish
512 *Lophius gastrophysus* fishery off southern Brazil. Fish. Res., 72: 81–95.
- 513 Pezzuto P.R. & R. Sant’Ana. 2009. Sexual maturity of the deep-sea royal crab *Chaceon*
514 *ramosae* Manning, Tavares & Albuquerque, 1989 (Brachyura: Geryonidae) in
515 southern Brazil. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(3): 297-312.
- 516 Pezzuto, P.R., J.A.A. Pérez, R. Wahrlich, W.G. Vale & F.R.A. Lopes. 2002. Análise da
517 pescaria dos caranguejos-de-profundidade no Sul do Brasil - Anos 2001-2002.

- 518 [http://gep.acad.univali.br/download/relatorios/relatorio_chaceon.pdf] Reviewed:
519 17 August 2017.
- 520 Pezzuto, P.R., J.A.A. Pérez & R. Wahrlich. 2006a. Deep-sea shrimps (Decapoda:
521 Aristeidae): new targets of the deep-water trawling fishery in Brazil. *Braz. J.*
522 *Oceanogr.*, 54(2/3): 123-134.
- 523 Pezzuto, P.R., J.A.A. Perez & R. Wahrlich. 2006b. O ordenamento das pescarias de
524 caranguejos-de profundidade (*Chaceon* spp.)(Decapoda: Geryonidae) no sul do
525 Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, 32(2): 229-247.
- 526 Pezzuto, P.R., A.P. Pinheiro & H. Boos. 2016. Avaliação dos Caranguejos Gerionídeos
527 (Decapoda: Geryonidae). In: Pinheiro, M.A.A. & H. Boos (Org.). *Livro Vermelho*
528 *dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014*. Sociedade Brasileira de
529 *Carcinologia – SBC*, Porto Alegre, pp. 192-202.
- 530 Piola A.R., R.P. Matano, E.D. Palma, O.O.Möller Jr. & E.J.D. Campos. 2005. The
531 influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf.
532 *Geophys. Res. Lett.*, 32: L01603.
- 533 Piola A. R., O. O. Möller Jr., R. A. Guerrero & E. J. D. Campos. 2008. Variability of
534 the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer
535 2004. *Cont. Shelf Res.*, 28: 1639-1648.
- 536 Pires-Vanin A.M. & Y. Matsuura. 1993. Estrutura e função do ecossistema de
537 plataforma continental da região de Ubatuba, Estado de São Paulo: uma introdução.
538 *Publção esp. Inst. Oceanogr.*, 10: 1-8.
- 539 R Development Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical
540 computing (Version 3.1.1) –World Wide Web electronic publication, accessible at
541 <https://www.r-project.org>. (Accessed 8/12/2014).
- 542 Rogers A.D., M.R. Clark, J.M. Hall-Spencer & K.M. Gjerde. 2008. The Science behind
543 the Guidelines: A Scientific guide to the FAO draft International guidelines
544 (December 2007) for the management of deep-sea fisheries in the high seas and
545 examples of how the guidelines may be practically implemented. IUCN,
546 Switzerland, 44 pp.
- 547 Rosa R. & M.L. Nunes. 2003. Biochemical compositions of deep-sea decapods
548 crustaceans with two different benthic life strategies off the Portuguese south coast.
549 *Deep-Sea Res. I*, 50: 119-130.
- 550 Rossi-Wongtschowsky C.L.D.B., J.L. Valentin, S. Jablonski, A.C.Z. Amaral, F.H.V.

- 551 Hazin & M. El-Robrini. 2006. O Ambiente Marinho. In: Ministério do Meio
552 Ambiente (ed.) Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos
553 vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo. Ministério do Meio
554 Ambiente, Brasília, pp. 21-75.
- 555 Rowe G.T. 2013. Seasonality in deep-sea food webs – A tribute to the early works of
556 Paul Tyler. *Deep-Sea Res. II*, 92: 9-17.
- 557 Santos E.P. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura.
558 HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 129 pp.
- 559 Slack-Smith R.J. 2001. Fishing with traps and pots. 26nd edition. FAO, Rome, 62 pp.
- 560 StatSoft Inc. 2005. Statistica (data analysis software system), version 7.1.
- 561 Tavares M. & A. Pinheiro. 2011. A new species of *Chaceon* Manning & Holthuis,
562 1989, from the southwestern Atlantic, with a key to the western Atlantic species
563 (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). *Zootaxa*, 3086: 57–68.
- 564 Univali/CTTMar. 2010. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina - Ano
565 2009 e panorama 2000-2009: programa de monitoramento e avaliação da atividade
566 pesqueira industrial no sudeste e sul do Brasil. Universidade do Vale do Itajaí,
567 Itajaí, 97 pp.
- 568 Vazzoler A.E.A.M. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de
569 peixes: reprodução e crescimento. CNPq, Brasília, 106 pp.
- 570 Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes Teleósteos: Teoria e
571 prática. EDUEM, Maringá, 169 pp.
- 572 Walters C. 2003. Folly and fantasy in the analysis of spatial catch rate data. *Can. J.*
573 *Fish. Aquat. Sci.*, 60: 1433-1436.
- 574 Wigley R.L., R.B. Theroux & H.E. Murray. 1975. Deep-sea red crab, *Geryon*
575 *quinquedens*, survey off northeastern United States. *MFR* 37(8): 1-21.
- 576 Zemruscki S.G., H.T. Barreto, C.J. Palma & J.D. Milliman. 1972. Estudo preliminar
577 das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. In: *Congresso*
578 *Brasileiro de Geologia*. Belém, pp. 187-209.