



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

DANIELLE VIVEIROS CAVALCANTE BRAGA

**DISTRIBUIÇÃO DA FAMÍLIA LUCIFERIDAE (DECAPODA:
SERGESTOIDEA) E BIOLOGIA POPULACIONAL DE *BELZEBUB FAXONI*
(BORRADAILE, 1915) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS**

Orientadora:

Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos

BELÉM, PA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

DANIELLE VIVEIROS CAVALCANTE BRAGA

**DISTRIBUIÇÃO DA FAMÍLIA LUCIFERIDAE (DECAPODA:
SERGESTOIDEA) E BIOLOGIA POPULACIONAL DE *BELZEBUB FAXONI*
(BORRADAILE, 1915) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos.

BELÉM, PA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C376d Cavalcante-Braga, Danielle Viveiros
DISTRIBUIÇÃO DA FAMÍLIA LUCIFERIDAE (DECAPODA: SERGESTOIDEA) E BIOLOGIA
POPULACIONAL DE BELZEBUB FAXONI (BORRADAILE, 1915) NA PLATAFORMA
CONTINENTAL DO AMAZONAS / Danielle Viveiros Cavalcante-Braga. - 2017.
95 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP), Instituto de
Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.
Orientação: Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli-Lemos
1. Camarões holoplantônicos. 2. Zooplâncton. 3. Rio Amazonas. 4. Pluma estuarina. I. Martinelli-
Lemos, Jussara Moretto, *orient.* II. Título
-

CDD 595.3

DANIELLE VIVEIROS CAVALCANTE BRAGA

**DISTRIBUIÇÃO DA FAMÍLIA LUCIFERIDAE (DECAPODA:
SERGESTOIDEA) E BIOLOGIA POPULACIONAL DE *BELZEBUB FAXONI*
(BORRADAILE, 1915) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientadora:

Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo

Universidade Rural da Amazônia (UFRA, Belém)

Prof. Dra. Bianca Bentes da Silva

Universidade Federal do Pará (IECOS/UFPA, Bragança)

Prof. Dr. Marcelo Petracco

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Ralf Schwamborn

Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco

Suplentes:

Prof. Dr. Fernando Araujo Abrunhosa

Universidade Federal do Pará (IECOS/UFPA, Bragança)

Profa. Dra. Virág Venekey

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará

APOIO LOGÍSTICO E FINANCEIRO



Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Aquáticos



Ao amor da minha vida
e maior inspiração,

Aline.

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu mestre, guia, força e refúgio. Obrigada por permitir a realização desse sonho.

À minha orientadora e mãe científica, Dra. Jussara Martinelli Lemos que me acompanha desde a graduação e que é muito mais que uma orientadora, é uma inspiração diária do ser cientista/mãe/mulher. Gratidão pelos ensinamentos e por ter me encorajado quando pensei em desistir!

Agradeço às instituições fomentadoras que viabilizaram o desenvolvimento da tese: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do Projeto INCT-AmbTropic (CNPq nº 565054/2010-4) e à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) por conceder a bolsa de estudos.

Agradeço ainda à Universidade Federal Rural da Amazônia e o Instituto Sócio Ambiental e Recursos Hídricos, através dos professores Dr. Nuno Melo e Dr. Eduardo Paes, pelo esforço que fizeram para que a dinâmica de amostragens alcançasse o sucesso.

À Universidade Federal do Pará, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca e em especial ao Grupo de Pesquisa em Ecologia de Crustáceos da Amazônia (GPECA) por toda a infraestrutura e recursos disponibilizados.

Agradeço à banca examinadora da qualificação do plano de tese: Dr. Jonathan Stuart Ready, Dr. José Eduardo Martinelli Filho e Dr. Eduardo Tavares, pelas valiosas contribuições dadas.

Aos professores Dr. Nuno Melo, Dra. Bianca Bentes, Dr. Marcelo Petracco, Dr. Ralf Schwamborn, Dr. Fernando Abrunhosa e Dra. Virág Venekey, por aceitarem compor a banca examinadora desta tese.

À todos os envolvidos nas coletas de campo, desde à tripulação (Sr. Beto, Abaeté, Sr. Pedro, Pedro, Jeová, Sr. Rai e Marinaldo) aos pesquisadores (Caio, Rosângela, Mangas, Leiloca, Danyzinha, Carol, Leo, Rodrigues, Kevin, Nelson, Marcelo, Dja, Guilherme, Jamilly, Paulo, Tulio, Laissa, Marko, Micaela, Rodrigues, Nelson, Yuri, Lucas, Alberto, Thuareag, Marcos, João, Elton e Léo). Nosso desafio em navegar pelas águas amazônicas até o azul do Atlântico foi alcançado, e tudo deu certo graças a todos vocês! Muito obrigada!

Agradeço imensamente toda a ajuda na triagem das amostras: Carol, Leiliane, Marcos, Jeff, Renan, Matheus, Alyson, Janylle, José, Gil, Ivi, Aliny, May, Rapha, Lorrany, Rayane, Camila, Guilian. Vocês foram essenciais!

Agradeço ao amigo Paulo Goulart por ter me presenteado com o desenho do *Belzebug* e à amiga Andréia por ter cedido o esquema do ciclo de vida. Obrigada queridos!

Ao meu grupo de pesquisa, GPECA, por ter sido minha casa todos esses anos e ter me presenteado com amizades que levarei por toda a vida: Ju, Bianca, Nessinha, Priscila, Déia, Danyzinha, Carol, Marcella, Miani, Dalila, Fran e Leiloca. Meninas, vocês são incríveis e provam todos os dias que mulheres podem chegar onde quiserem! Muito obrigada pelas infinitas ajudas e muito amor por cada uma de vocês.

Aos amigos que se preocupam e que me animam sempre, mesmo não podendo estar presentes fisicamente: Adriano, Dalila, Leila e Nessinha. Obrigada por serem ouvido, ombro nos momentos difíceis e felizes. Amo vocês!

À Leiloca (Leiliane), minha “irmã” desde a graduação, que dividiu comigo todas as angústias e felicidades de estudar o plâncton. Foi até o fim “segurando minhas mãos” e me mostra a cada dia seu exemplo de humildade e companheirismo. Te amo amiga!

Às amigas da “confraria” que dividem os sabores e dissabores da maternidade comigo. Obrigada pelos exemplos, relatos e por serem apoio diário - Anne, Mi e Cassinha - gratidão pela amizade de vocês.

Às amigas que o mestrado me deu: Cris e Sarita. Ingressamos juntas no doutorado e defenderemos juntas! Vocês são grandes exemplos amores!

Costumo dizer que por trás de uma mãe que sonha em ser mestra ou doutora, há uma rede de apoio importantíssima! Agradeço ao meu esposo André, aos meus pais (Damião e Terezinha), aos irmãos (Danilo e Daylo), à Valéria, por terem entendido minha ausência nesses quatro anos e por atenderem às necessidades da Aline, enquanto eu alcançava meus sonhos. Vocês são ímpares e os amores da minha vida!

Por fim, agradeço à menina que me inspira e me faz querer ser melhor todos os dias. Obrigada amor da mamãe: Aline.

*“O brilho do sol, do lado de dentro da gente, se chama sonho.
Todo conhecimento começa com um sonho.
O sonho nada mais é que uma aventura pelo mar desconhecido,
em busca da terra sonhada.
Mas sonhar é coisa que não se ensina,
brota das profundezas do corpo,
como a alegria brota das profundezas da terra.”*

(Rubens Alves)

RESUMO

A Plataforma Continental do Amazonas (PCA) através da disponibilidade de nutrientes e das suas condições ambientais favoráveis propicia o estabelecimento e a distribuição de muitas espécies, dentre elas os camarões luciferídeos que desempenham papel fundamental na cadeia trófica aquática, atuando como elo trófico. O trabalho objetivou contribuir com melhores informações a respeito da ecologia e biologia destes camarões na região amazônica, entendendo que eles são imprescindíveis na manutenção de ecossistemas aquáticos costeiros. Coletas trimestrais de julho (2013) a janeiro (2015) foram realizadas em seis (6) locais ao longo da PCA, com arrastos superficiais e oblíquos utilizando rede de plâncton cônico-cilíndrica (malha de 200 µm). Simultaneamente às amostragens de zooplâncton, dados abióticos foram coletados a partir de um perfilador CTD. Em suma, as duas espécies *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus* apresentaram diferenças quanto à distribuição espacial da densidade. *B. faxoni* é mais abundante e dominante ao longo do ano, ocorrendo em todos os locais de coleta. *L. typus* é restrito às porções neríticas mais profundas, estenohalino em relação à *B. faxoni*, e sua densidade foi fortemente influenciada pelas variáveis ambientais. A população de *B. faxoni* na Amazônia teve um padrão de distribuição bimodal, sendo frequente e contínua em todos os meses. Todavia, foi possível identificar claramente um aumento populacional quando os meses de janeiro (2014-2015) e julho (2013-2014) foram comparados supondo que o El Niño apresentou influências na população de *B. faxoni* da PCA. A proporção sexual diferiu de 1:1, sendo as fêmeas predominantes. Todos os estágios de maturações sexuais foram encontrados na PCA, confirmando que *B. faxoni* completa todo o seu ciclo de vida na região nerítica amazônica. Camarões maduros foram encontrados em tamanho menor que o relatado para a literatura (a partir de 0,76 mm de comprimento de somito pré-bucal) e a fecundidade variou de 1 a 44 ovos. Considerando que o conhecimento dos ecossistemas pelágicos da Amazônia ainda é escasso e que as mudanças climáticas mundiais podem comprometer futuramente a sobrevivência e distribuição das espécies planctônicas residentes nesses ambientes, o presente estudo auxiliará como subsídios para a adoção de medidas que auxiliem no gerenciamento futuro de recursos aquáticos.

Palavras-chaves: camarões holoplanctônicos, Crustacea, pluma estuarina

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1: Representantes da Família Luciferidae na costa brasileira. A) <i>Lucifer typus</i> ; B) <i>Belzebub faxoni</i> (Fotos: Danielle V. Cavalcante Braga).....	20
Figura 2: Vista lateral de um espécime de Luciferidae macho (Desenho: Paulo Goulart).....	21
Figura 3: Detalhe do cefalotórax e dos pedúnculos oculares. A) <i>Belzebub faxoni</i> ; B) <i>Lucifer typus</i> . Escala: 1 mm (Retirado de D' Incao, 1997).	22
Figura 4: Espécies de luciferídeos com detalhe para as diferenças na forma dos processos posteriores do sexto somito abdominal dos machos. A) fêmea ovígera de <i>B. faxoni</i> ; B) sexto segmento abdominal e télson dos machos de <i>B. faxoni</i> ; C) fêmea de <i>L. typus</i> e D) sexto segmento abdominal e télson dos machos de <i>L. typus</i> (Retirado de D' Incao, 1997).	23
Figura 5: Vista lateral do petasma de um espécime macho de <i>L. typus</i> (Adaptado de Pérez-Farfante & Kensley, 1997).	23
Figura 6: Fêmea ovígera de <i>Belzebub faxoni</i> (Foto: Danielle V. Cavalcante Braga). ..	24
Figura 7: Ciclo de vida de um camarão luciferídeo (Adaptado de Brooks, 1882 e Hashizume, 1996).	25
Figura 8: Mapa da Costa Norte do Brasil, com indicações dos locais de coleta (círculos pretos) na Plataforma Continental do Amazonas.	36

Capítulo II

Fig. 1. Mapa da área de estudo com as indicações dos locais de coleta (círculos pretos) na Plataforma Continental do Amazonas.	63
Fig. 2. Densidade das espécies de camarões luciferídeos coletadas com arrastos superficiais e oblíquos na Plataforma Continental do Amazonas, de julho de 2013 a janeiro de 2015.	64
Fig. 3. Densidade das espécies de camarões luciferídeos ao longo dos meses na Plataforma Continental do Amazonas, de julho de 2013 a janeiro de 2015 (Fotos: Danielle V. Cavalcante Braga).	65
Fig. 4. Densidade das espécies de camarões luciferídeos ao longo da distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas, de julho de 2013 a janeiro de 2015.....	66

Capítulo III

Fig. 1. Mapa da Costa Norte do Brasil, com indicações dos locais de coleta (círculos pretos) na Plataforma Continental do Amazonas.	86
Fig. 2. Variáveis morfométricas mensuradas em <i>B. faxoni</i> (CT: comprimento total; CS: comprimento do somito pré-bucal; CC: comprimento do cefalotórax; C6S: comprimento do sexto somito abdominal), coletados na Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015 (Desenho: Paulo Goulart).....	87
Fig. 3. Estágios de maturação gonadal de machos de <i>B. faxoni</i> coletados na Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015, baseados em López (1966) (Fotos: Danielle V. Cavalcante Braga).	88
Fig. 4. Distribuição de frequência por classe de comprimento do somito pré-bucal (CS) de <i>B. faxoni</i> , de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.	89
Fig. 5. Frequência de ocorrência de fêmeas (F) e machos (M) de <i>B. faxoni</i> capturados de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.....	90
Fig. 6. Regressão entre o comprimento do sexto somito abdominal (C6S) e o comprimento total (CT) de fêmeas e machos de <i>B. faxoni</i> coletados de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.	91
Fig. 7. Frequência de machos de <i>B. faxoni</i> e dos estágios gonadais em relação aos meses (A) e entre as classes de tamanho do somito pré-bucal (CS) (B). IM= machos imaturos, EM= machos em maturação; MT= machos maduros.....	92
Fig. 8. Regressão linear entre a fecundidade e o tamanho do somito pré-bucal (A) e entre o volume dos ovos e o tamanho do somito pré-bucal (B) para a estimativa da fecundidade populacional de <i>B. faxoni</i> , de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.	93

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

- Tabela I.** Resultados do teste Anova One-Way para as variáveis abióticas e clorofila-*a*, na PCA. Valores significativos de *p* estão destacados em negrito. DC: distância da costa. 61
- Tabela II.** Estatística descritiva das variáveis ambientais (temperatura e salinidade) e biológica (clorofila-*a*) na Plataforma Continental do Amazonas com indicações em negrito dos valores mínimos e máximos de cada variável considerando toda a amostragem. DC = distância da costa em km, Mín = valor mínimo, Máx = valor máximo, DP = desvio padrão. 61
- Tabela III.** Estatística descritiva da vazão do Rio Amazonas referentes à estação do Município de Óbidos (PA), na Plataforma Continental do Amazonas com indicações em negrito dos valores mínimos e máximos considerando toda a amostragem. Mín = valor mínimo, Máx = valor máximo, DP = desvio padrão. 62
- Tabela IV.** Riqueza e densidade total (ind./m³) das espécies de camarões luciferídeos da Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015. 62
- Tabela V.** Resultados da Correlação de *Spearman* (R) entre a densidade (nº de indivíduos/100m³) de mysis, jovens e adultos de camarões luciferídeos e as variáveis ambientais e biótica (temperatura, salinidade, vazão e clorofila-*a*) com indicação em negrito quando a hipótese alternativa foi aceita (*p*<0,05). 62

Capítulo III

- Tabela 1.** Estatística descritiva do número de indivíduos de *B. faxoni* na PCA, com mínimo (Mín), máximo (Máx), média e desvio padrão (DP) do comprimento total (CT), do comprimento do cefalotórax (CC), do comprimento do somito pré-bucal (CS) e do comprimento do sexto somito abdominal (C6S), para juvenis (J), fêmeas não ovíferas (F), fêmeas ovíferas (FO) e machos (M). 82
- Tabela 2.** Número de machos (M), fêmeas (F) e proporção sexual (♂:♀) de *B. faxoni* capturados de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas, χ^2 = teste de Qui-Quadrado. 83
- Tabela 3.** Número de machos (M), fêmeas (F) e proporção sexual (♂:♀) por classe de tamanho do somito pré-bucal (CS) de *B. faxoni* capturados na Plataforma Continental do Amazonas. χ^2 = teste de Qui-quadrado. 83

Tabela 4. Equações para as relações entre comprimentos de *B. faxoni* coletados na Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015. Y = variável dependente; X = variável independente; a = intersecção da reta em Y; b = ângulo de inclinação da reta e coeficiente de alometria; R^2 = coeficiente de determinação; A = alometria: - (alometria negativa); CT= comprimento total; CC= comprimento do cefalotórax; CS= comprimento do somito pré-bucal; C6S= comprimento do sexto somito abdominal. 84

Tabela 5. Estatística descritiva da fecundidade e do volume de ovos por classe de comprimento do somito pré-bucal (CS) de *B. faxoni* coletados de julho de 2013 a janeiro de 2015, na Plataforma Continental do Amazonas. 85

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
CAPÍTULO I	17
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1. Família Luciferidae	19
1.2. Levantamento bibliográfico sobre <i>B. faxoni</i> e <i>L. typus</i>	25
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES	32
2.1. Objetivos gerais.....	32
2.2. Objetivos específicos.....	32
3. METODOLOGIA GERAL	34
3.1. Área de estudo.....	34
3.2. Amostragem	35
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
CAPÍTULO II: VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DE <i>BELZEBUB FAXONI</i> E <i>LUCIFER TYPUS</i> NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS... 48	48
RESUMO	48
INTRODUÇÃO.....	49
METODOLOGIA.....	50
Área de estudo	50
Amostragem e procedimentos laboratoriais	51
Análise de dados.....	52
RESULTADOS	53
DISCUSSÃO.....	54
CONCLUSÕES.....	57
AGRADECIMENTOS	57
FINANCIAMENTO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
TABELAS	61
FIGURAS	63
CAPÍTULO III: ESTRUTURA POPULACIONAL E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE <i>BELZEBUB FAXONI</i> (BORRADAILE, 1915) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS	67
RESUMO	67
INTRODUÇÃO.....	67

MATERIAL E MÉTODOS.....	69
Área de estudo	69
Coleta das amostras e procedimentos laboratoriais.....	70
Procedimentos laboratoriais	70
Análise de dados.....	71
RESULTADOS	72
Estrutura Populacional.....	72
Proporção sexual	73
Relações morfométricas	73
Reprodução.....	74
DISCUSSÃO.....	75
AGRADECIMENTOS	78
REFERÊNCIAS	78
TABELAS	82
FIGURAS	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta tese foi elaborada a partir da junção de capítulos, seguindo as orientações do Regimento Geral do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (resolução nº 4.094/2011, Art. 66). O primeiro capítulo apresenta uma Introdução Geral sobre a família Luciferidae, abordando a sistemática, a biologia e um levantamento bibliográfico acerca dos estudos existentes sobre as duas espécies investigadas nesta tese: *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus*. Além disso, contêm os Objetivos e Hipóteses, Metodologia Geral e as Referências Bibliográficas.

O segundo e o terceiro capítulo referem-se aos dois artigos científicos produtos da tese. Ambos foram formatados nas normas das revistas *Journal of Plankton Research* e *Journal of Crustacean Biology*, respectivamente. Por fim, as Considerações Finais apresenta os principais resultados encontrados e pontua a relevância desta tese frente à carência de estudos bioecológicos sobre os luciferídeos na Amazônia.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

As águas costeiras representam uma ligação entre os sistemas terrestres e oceânicos, recebendo grande quantidade de material continental através de descargas de rios e águas subterrâneas, bem como através de trocas entre a atmosfera, os sedimentos e o oceano aberto (CARVALHO *et al.*, 2017). Levando em consideração que essa região é composta de um mosaico de ecossistemas aquáticos de grande relevância ambiental, a região da pluma amazônica e da plataforma continental norte brasileira é capaz de propiciar o estabelecimento e a distribuição de muitas espécies, através da disponibilidade de nutrientes e das suas condições ambientais favoráveis. A interação de diferentes massas d'água com gradientes hidrográficos transformam as plataformas continentais em importantes ecótonos onde ocorre um considerável aproveitamento biológico nas zonas eufóticas por produtores primários (CASTRO *et al.*, 2006). A variabilidade espacial e temporal da fauna aquática nas margens continentais tendem a serem maiores quando comparadas às regiões remotas nos oceanos (CARVALHO *et al.*, 2017).

Entre as comunidades biológicas aquáticas, o zooplâncton desempenha um papel fundamental nas teias alimentares por representar o elo que transmite a energia sintetizada pelo fitoplâncton-bacterioplâncton para os consumidores de níveis tróficos mais elevados incluindo moluscos, crustáceos e peixes planctívoros e de importância econômica (TURNER, 1984; KENNISH, 1986; LENZ, 2000; SCHWAMBORN *et al.*, 2001; DUARTE *et al.*, 2014; JERNBERG *et al.*, 2017). Além da atuação na ciclagem de energia, esses organismos influenciam as espécies nectônicas e bentônicas, visto que várias delas possuem estágios larvais no plâncton (GROSS & GROSS, 1996).

Muitas espécies de variados grupos taxonômicos distribuem-se desde os estuários até o ambiente marinho. Nesses ecossistemas, variações espaciais e temporais do zooplâncton são explicadas por fatores ambientais (pluviosidade, correntes de maré, entre outros), pela disponibilidade de alimentos e pela interação desses fatores (LI *et al.*, 2000; 2006).

Quando a duração do ciclo de vida do zooplâncton marinho é curta, há uma pequena transição interanual de membros da população, o que não deixa de ser

suficiente para que a variabilidade de uma população possa ser acompanhada com amostragens mensais e sazonais (MACKAS & BEAUGRAND, 2010). Além disso, este grupo torna-se um excelente indicador das condições físicas e químicas das massas de água, pois sua composição e diversidade respondem às condições originais do sistema e também a sua degradação (MATSUMURA-TUNDISI, 1997).

Dentro da comunidade zooplânctônica, a Ordem Decapoda é um grupo relevante de organismos marinhos, tanto pela sua importância econômica quanto pelo seu papel nos ecossistemas marinhos (NEGREIROS-FRANSOZO *et al.*, 2002). A distribuição e a abundância de Decapoda em águas marinhas são influenciadas por variáveis ambientais e comportamentais: a intensidade da luz, direção das correntes, temperatura, salinidade, taxas de mortalidade de cada estágio larval, migração vertical, disponibilidade de alimento, distância dos locais de desova, duração do período pelágico quando se trata de espécies meroplânctônicas, entre outros fatores (ANGER, 2001; QUEIROGA & BLANTON, 2005).

Copépodes e cladóceros são os mais importantes representantes do holoplâncton costeiro (OMORI & IKEDA, 1984). Entretanto, crustáceos decápodes podem representar mais de 50% da biomassa planctônica total (MCCONAUGHA, 1992). Por serem relativamente grandes dentro da comunidade planctônica, os camarões neríticos da Família Luciferidae contribuem em até cerca de 50% da biomassa em conjuntos de dados individuais e compreendem cerca de 15% do plâncton em todos os dados de plataformas continentais tropicais (LONGHURST, 1985).

Conhecer a abundância e a distribuição espaço temporal de zooplâncton é importante para o entendimento de ciclos biogeoquímicos e da dinâmica de comunidades marinhas (WISNHER *et al.*, 1988). O zooplâncton estuarino e costeiro do Estado do Pará ainda é pouco conhecido, com trabalhos direcionados aos copépodes (ALLER & TODOROV, 1997; KRUMME & LIANG, 2004; BEZERRA, 2006; MAGALHÃES *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2008, COSTA *et al.*, 2009) e outros crustáceos decápodes (CARVALHO, *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013; MELO *et al.*, 2014).

Diante da importância relevante dos camarões luciferídeos na ecologia trófica aquática, nos ciclos biogeoquímicos e na ciclagem de carbono, e tendo em vista que estes crustáceos decápodes representam o grupo mais abundante dentro da comunidade planctônica do Atlântico Ocidental, esta tese faz-se extremamente importante pois levanta informações valiosas à respeito das populações de luciferídeos no maior estuário

do planeta, tornando-se um dos trabalhos pioneiros com padrões de coletas sazonais em um extenso gradiente sob a Plataforma Continental do Amazonas.

1.1. Família Luciferidae

Posição Sistemática e Biologia

A Super-Família Sergestoidea Dana, 1852 compreende as famílias Sergestidae Dana, 1852 e Luciferidae Dana, 1852. A primeira é representada por quatro gêneros, enquanto a segunda atualmente é constituída por apenas dois: *Lucifer* Thompson, 1829 e *Belzebub* Vereshchaka, Olesen e Lunina, 2016 (D'INCAO, 1997; AHYONG *et al.*, 2011; VERESHCHAKA *et al.*, 2016). Das espécies de camarões da Super-Família Sergestoidea encontradas na costa brasileira, os representantes de Luciferidae são um dos mais abundantes (BOSCHI, 1981). Na Índia, a contribuição desta família na comunidade zooplancônica é considerável, constituindo 27% da biomassa marinha e aproximando-se de 40% da biomassa total zooplancônica em águas estuarinas (QASIM *et al.*, 1978; HARIDAS, 1982; RAJAGOPALAN *et al.*, 1992).

A Família Luciferidae é composta por sete espécies: *Lucifer orientalis* Hansen, 1919; *Lucifer typus* H. Milne-Edwards, 1837; *Belzebub faxoni* (Borradaile, 1915); *Belzebub chacei* (Bowman, 1967); *Belzebub hansenii* (Nobili, 1905); *Belzebub penicillifer* (Hansen, 1919) e *Belzebub intermedius* (Hansen, 1919), ocorrendo desde a costa até ambientes oceânicos (HASHIZUME & OMORI, 1995; VERESHCHAKA *et al.*, 2016). Destas, apenas duas têm registros na costa brasileira (D'INCAO, 1997): *B. faxoni* e *L. typus*. A ocorrência de *B. faxoni* é restrita ao Oceano Atlântico e *L. typus* ocorre em águas abertas quentes do Atlântico norte e sul (BARTH, 1963 e 1964) e nos oceanos Índico e Pacífico (VERESHCHAKA *et al.*, 2016). Na região amazônica, as duas espécies apresentam distribuição na plataforma continental do Amazonas (MELO, *et al.*, 2014) (Figura 1).

Os camarões planctônicos desta família ocorrem geralmente em camadas superficiais de águas tropicais e subtropicais (OMORI, 1975; 1977; 1992) em profundidades que variam de 6 a 55 metros, mas geralmente são encontrados em águas costeiras (D'INCAO, 1997). Teodoro *et al.* (2012), sugeriram que camarões *B. faxoni* migram para áreas mais profundas em períodos do ano em que a salinidade sofre variações em áreas mais rasas em consequência da pluviosidade. Fêmeas desta espécie

fazem migrações verticais durante a noite, resultando em proteção da sua massa de ovos e busca de alimentos (LEE *et al.*, 1992).

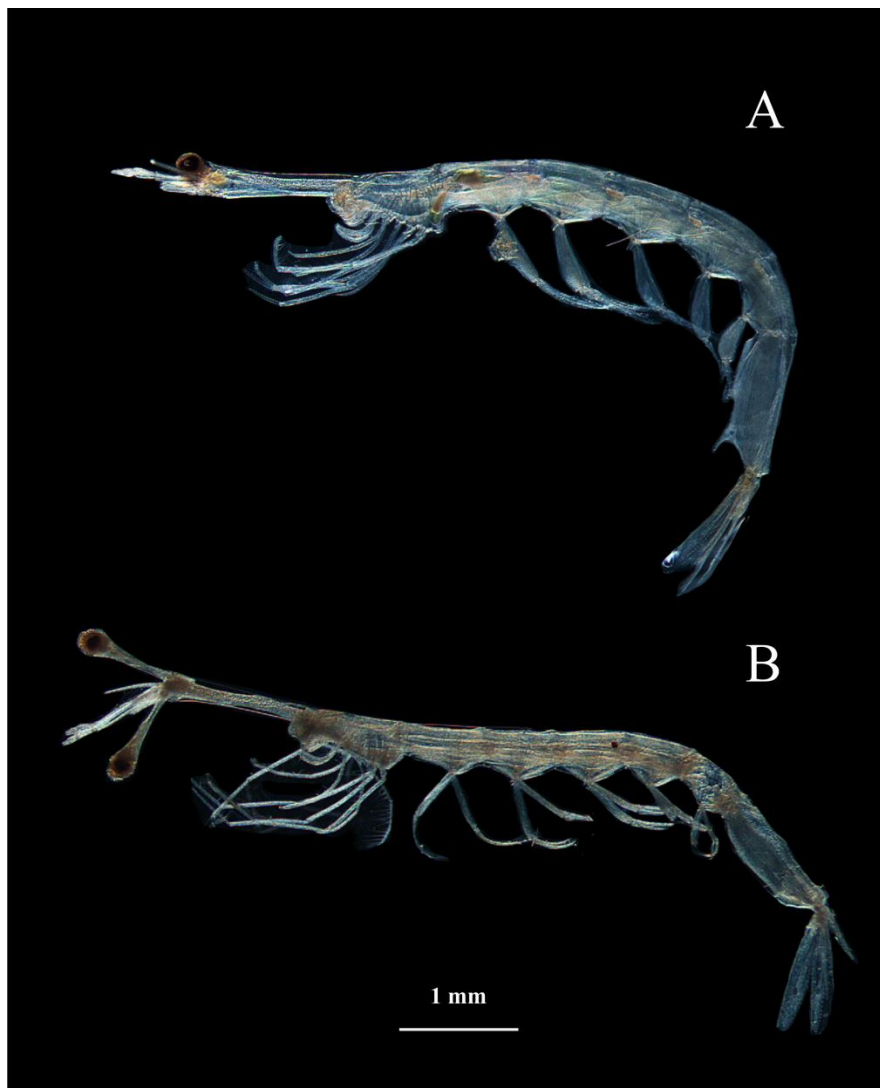


Figura 1: Representantes da Família Luciferidae na costa brasileira. A) *Lucifer typus*; B) *Belzebub faxoni* (Fotos: Danielle V. Cavalcante Braga).

Adultos de *B. faxoni* são carnívoros e sua alimentação não é influenciada pela hora do dia ou luminosidade, podendo os indivíduos comer a qualquer momento (LEE *et al.*, 1992). O terceiro par de pereiópodes é adaptado para a captura de pequenos crustáceos planctônicos e inclui a presença de espinhos curvados e robustos, cerdas longas e especializadas nos própodos e uma subquela bastante especializada (VERESHCHAKA *et al.*, 2016).

Em águas quentes neríticas e em águas estuarinas de baixas latitudes, esses camarões desempenham papel fundamental na cadeia trófica constituindo a dieta de grandes camarões e de peixes costeiros (alguns alvos da produção e economia pesqueira) (OMORI, 1977; RAJAGOPALAN *et al.*, 1992; PASCUAL *et al.*, 2002; ANTONY, 2005; MARTINS *et al.*, 2005; MOTTA *et al.*, 2010; FUGIMURA *et al.*, 2005; AROKIASUNDARAM *et al.*, 2014). Assim, constituem material ideal para compreensão das adaptações morfológicas e fisiológicas do zooplâncton dos ambientes marinhos (HASHIZUME & OMORI, 1995).

Aspectos morfológicos e ciclo de vida

Luciferídeos adultos são facilmente reconhecidos pela carapaça extremamente comprimida lateralmente, um grande segmento pré-bucal, olhos com pedúnculo muito desenvolvido, quatro pares de apêndices torácicos bem visíveis e cinco pares de pleópodos, mais o télson e urópodos. O primeiro e o segundo pereiópodos são desprovidos de quela, o terceiro possui uma subquela, o quarto e o quinto par estão ausentes (D'INCAO, 1997) (Figura 2).

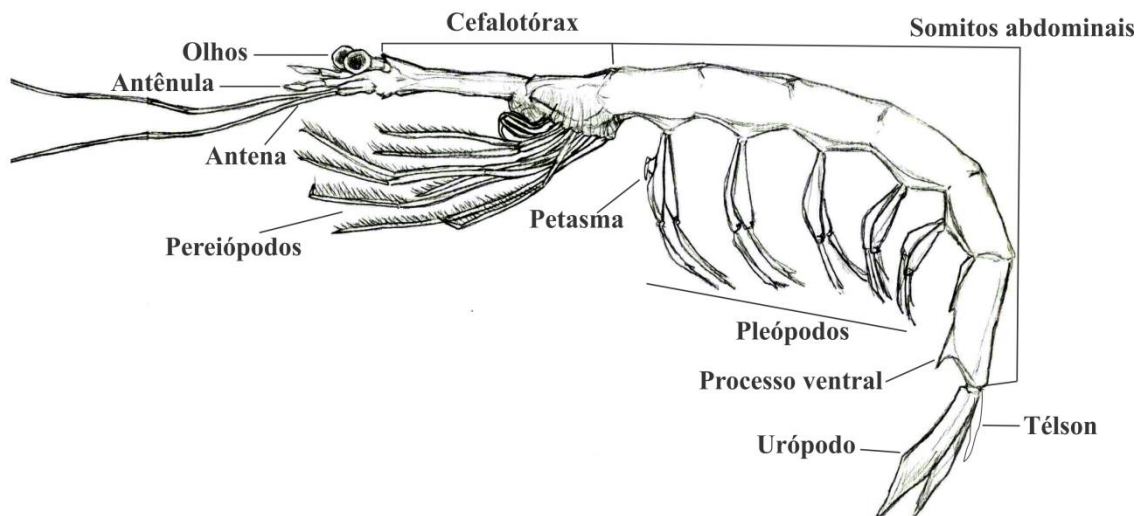


Figura 2: Vista lateral de um espécime de Luciferidae macho (Desenho: Paulo Goulart).

De acordo com Antony (2005), os principais critérios considerados na identificação das espécies desta família são: comprimento e forma da haste ocular do pedúnculo dos olhos, comprimento da primeira antênula em relação à margem do olho e ao comprimento do rostro; porção terminal da bainha e processo ventral do petasma;

forma e direção do processo do sexto segmento abdominal de machos: protuberância ventral e espinhos do télson; e forma da placa esternal das fêmeas. Tanto *B. faxoni* como *L. typus* podem ser reconhecidos em razão de que o primeiro tem o pedúnculo ocular mais curto (BOLTOVSKOY, 1981) (Figura 3). Além disso, a forma dos processos posteriores do sexto somito abdominal do macho é diferente em ambas as espécies, sendo mais curvado em *L. typus* (BOWMAN & MCCAIN, 1967) (Figura 4). Vereshchaka *et al.* (2016) sugerem que a morfologia do sexto somito nestes camarões pode estar relacionada a mecanismos diferenciados na cópula de machos e fêmeas durante o processo de transferência de espermatóforos.

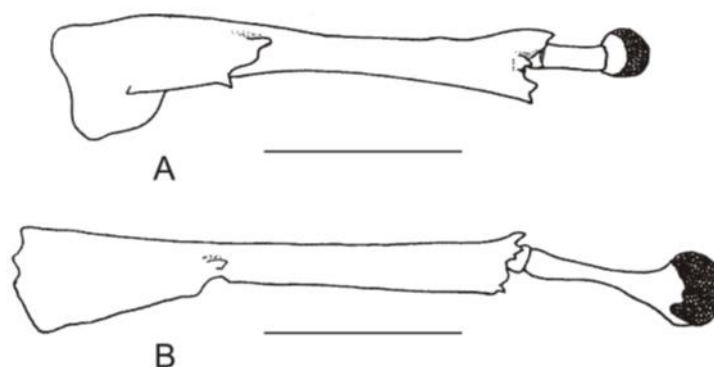


Figura 3: Detalhe do cefalotórax e dos pedúnculos oculares. A) *Belzebub faxoni*; B) *Lucifer typus*. Escala: 1 mm (Retirado de D' Incao, 1997).

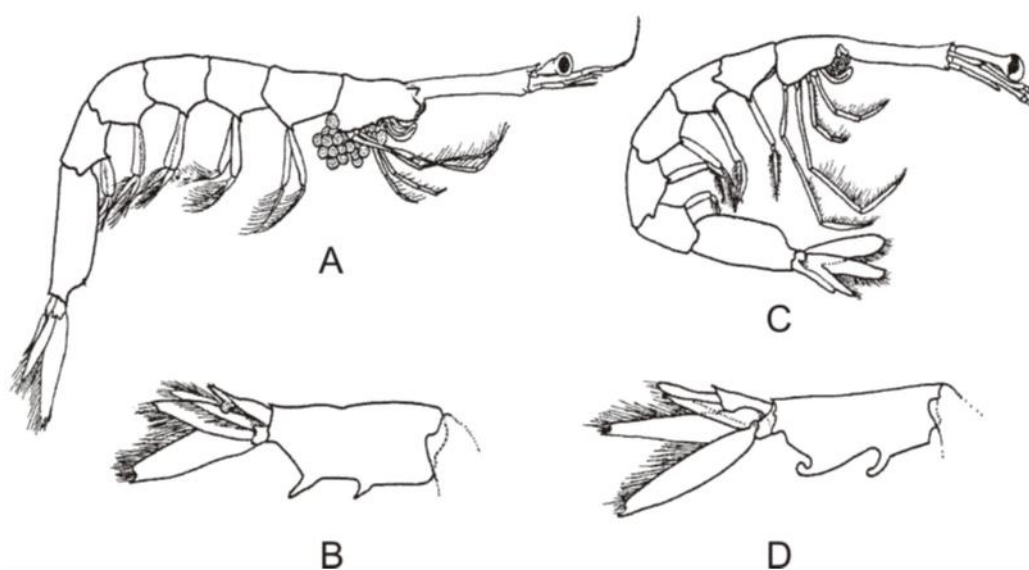


Figura 4: Espécies de luciferídeos com detalhe para as diferenças na forma dos processos posteriores do sexto somito abdominal dos machos. A) fêmea ovígera de *B. faxoni*; B) sexto segmento abdominal e télson dos machos de *B. faxoni*; C) fêmea de *L. typus* e D) sexto segmento abdominal e télson dos machos de *L. typus* (Retirado de D' Incao, 1997).

Estes camarões são parecidos com os outros penaeídeos no que se refere ao dimorfismo sexual. Os machos apresentam um petasma no primeiro par de pleópodos (Figura 5) e dois espinhos ventrais no sexto somito abdominal (Figuras 4: B e D).

As fêmeas são reconhecidas por apresentarem um orifício genital próximo da articulação do último par de pereiópodos (LÓPEZ, 1966). Na região do terceiro par de pereiópodos, a espermateca ou receptáculo seminal em fêmeas, abrem por uma simples abertura mediana e não se conectam com os ovidutos sugerindo que a fertilização desses camarões seja externa (HARTNOLL, 1968).

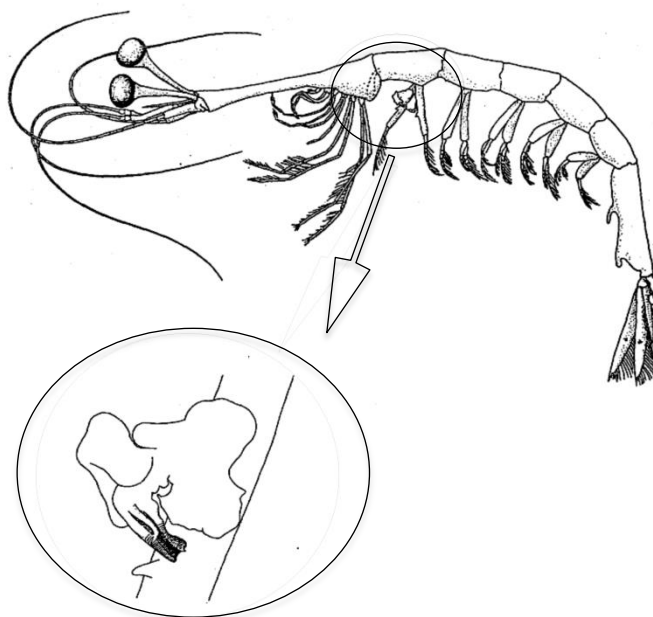


Figura 5: Vista lateral do petasma de um espécime macho de *L. typus* (Adaptado de Pérez-Farfante & Kensley, 1997).

Camarões luciferídeos não são pleopodais como outros decápodes, pois encubam seus ovos sob os somitos torácicos ao invés de encubá-los nos pleópodes

(TEODORO *et al.*, 2012) (Figura 6). A caracterização da estratégia de vida é dada por um desenvolvimento larval rápido, curta vida adulta, desova múltipla e proteção dos ovos até a eclosão da larva. Na costa do Texas, USA, *B. faxoni* completa todas as fases do desenvolvimento, chegando a fase adulta em aproximadamente 30-40 dias (LEE *et al.*, 1992). Desde a eclosão do ovo, as espécies da família Luciferidae passam por dois estágios de nauplius, três estágios de *protozoea*, dois de *zoea* e vários de megalopa até chegar ao estágio adulto (SANTOS & LINDLEY, 2001) (Figura 7). Os estágios de *protozoea* e *zoea* também são denominados, respectivamente, de *elaphocaris* e *acanthossoma* por Boltovskoy (1981) e Williamson (1982).

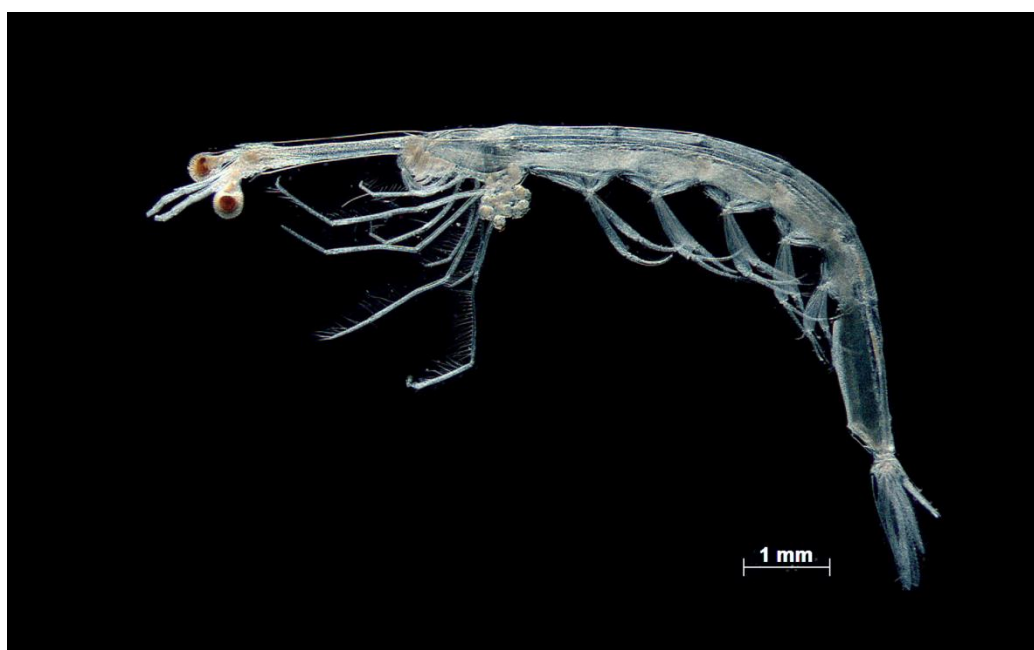


Figura 6: Fêmea ovígera de *Belzebub faxoni* (Foto: Danielle V. Cavalcante Braga).

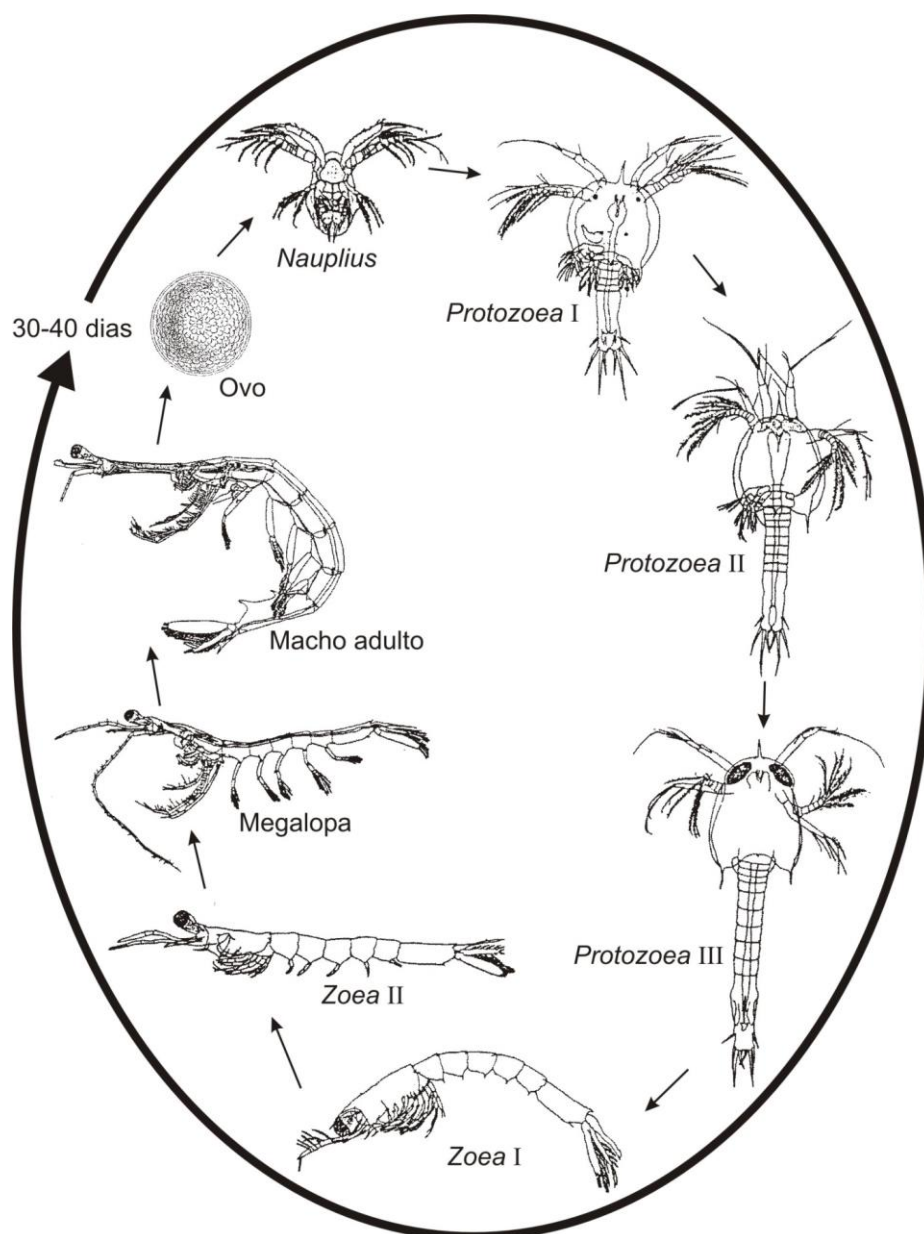


Figura 7: Ciclo de vida de um camarão luciferídeo (Adaptado de Brooks, 1882 e Hashizume, 1996).

1.2. Levantamento bibliográfico sobre *B. faxoni* e *L. typus*

Os estudos que abordam a Família Luciferidae sob os aspectos taxonômicos, biológicos e de distribuição ao longo de todo o mundo são numericamente consideráveis. Abaixo segue um breve histórico (na ordem dos mais antigos para os mais recentes) sobre os principais trabalhos que abordaram e que contribuíram fortemente para o conhecimento deste grupo. Neste levantamento, foram consideradas

apenas as espécies que ocorrem no Brasil e será mantido *Lucifer* como único gênero desta família visto que os estudos antecedem a inserção do gênero *Belzebub*.

Um estudo detalhado da morfologia de *Lucifer*, nos Estados Unidos, foi realizado por Brooks (1882). Este autor descreveu o desenvolvimento larval de Luciferidae com todas as etapas da metamorfose e o desenvolvimento de cada apêndice. Averiguou ainda a relação entre as larvas de *Lucifer*, *Acetes*, *Sergestes*, *Penaeus* e *Euphausia*, sendo um dos pioneiros nos trabalhos que abordam este taxa.

A migração vertical diária de *Lucifer* em relação aos ciclos de maré e períodos do dia foi estudada por Woodmansee (1966), no Golfo do México.

No estudo com *L. faxoni* em Cananéia (São Paulo) foi dada ênfase em estruturas morfológicas, dinâmica populacional e biologia reprodutiva desta espécie através da determinação de período reprodutivo, tamanho de primeira maturidade sexual e estabelecimento de maiores abundâncias em determinados meses para ambos os sexos (LÓPEZ, 1966).

A influência da saída do Rio Amazonas na abundância zooplancônica do Oceano Atlântico Tropical foi estudada por Calef e Grice (1967). Os autores relatam altas abundâncias de juvenis de *L. faxoni* em áreas onde a salinidade da água foi baixa.

Em um estudo da distribuição de espécies na costa sudeste dos Estados Unidos, foi mencionado a preferência de águas mais costeiras para *L. faxoni* e mais distantes da costa da Flórida para *L. typus* (BOWMAN & MCCAIN, 1967). A distribuição de *L. faxoni* em águas neríticas do Texas foi retratada por Harper Jr (1968).

Entre Cabo Frio (Rio de Janeiro) e a Baía de Santos (São Paulo), foi estudada a distribuição das espécies de *Lucifer* em relação às massas de água, sendo este um dos primeiros trabalhos a confirmar *L. faxoni* como espécie mais costeira e *L. typus* como mais oceânica, no caso de águas brasileiras (COSTA & PRANDI, 1971).

Chace Jr (1972) elaborou uma chave de identificação para camarões das Índias Ocidentais e incluiu *L. faxoni* e *L. typus* na lista das 218 espécies identificadas. O crescimento destes camarões foi analisado por Petit (1973), que estudando luciferídeos do Oceano Índico concluiu que algumas características morfológicas específicas de cada espécie continuam a crescer mesmo após a maturação sexual.

A influência da fonte de nutrientes proveniente do Rio Amazonas em camarões *Lucifer* foi estudada a partir de amostras de plâncton obtidas em um cruzeiro realizado no Norte da América do Sul, englobando as ilhas Aruba, Curaçao e Bonaire, Guiana, Venezuela e os estados do Amapá e Pará, no Brasil (TROOST, 1975).

A espécie *L. faxoni* e as larvas planctônicas de outros crustáceos decápodes foram estudados quanto às variações sazonais e regionais de suas abundâncias na plataforma continental da Costa do Marfim por Binet (1976), onde o autor constata que *L. faxoni* tem preferências por águas quentes e se reproduz praticamente durante o ano todo.

Efeitos biológicos como sobrevivência, respiração, taxa de alimentação e grau de atividade, foram testados quanto à toxicidade de *L. faxoni* em experimentos simulando contaminação de água por óleos industriais (LEE *et al.*, 1978).

Já, *L. typus* foi estudada quanto às migrações verticais do zooplâncton no mar de Andamão (Oceano Índico) e junto com os demais decápodes, apresentou altas agregações acima da termoclina (MADHUPRATAP *et al.*, 1981). Holt e Strawn (1983) incluíram *L. faxoni* na lista de espécies macrozooplantônicas da Baía de Galveston (Texas), que apresentaram diferenças sazonais da densidade em períodos quentes.

Um dos primeiros estudos sobre migração de *L. faxoni* foi realizado nas águas do largo de Santos (São Paulo) onde foram feitas associações entre os estágios de maturidade com os comportamentos migratórios da espécie, sendo constatado que indivíduos maduros de ambos os sexos migraram de forma semelhante, diferentemente das larvas (ALVAREZ, 1985).

A ocorrência de *L. typus* e *L. faxoni* foi relatada em águas da Flórida através de um *checklist* de crustáceos decápodes que habitam a linha de costa e uma pequena chave de identificação de espécies foi produzida (ABELE & KIM, 1986).

Alvarez (1988) fez o estudo do desenvolvimento de *L. faxoni* através da medida do somito pré-bucal e definiu estações do ano de maior abundância de larvas, de indivíduos maduros e imaturos. O crescimento, a reprodução e o comportamento alimentar desta mesma espécie na Plataforma Continental do Texas foram estudados por Lee *et al.* (1992).

A ocorrência de *L. typus* foi relatada por Omori (1992) para o centro leste do Oceano Pacífico, confirmando sua distribuição global em águas tropicais e subtropicais.

Uma comparação da distribuição de *L. typus* com padrões de distribuição da temperatura da água na superfície e em profundidades de 50 m, no Golfo da Califórnia (México) foi realizada e os resultados obtidos no estudo sugeriram que a entrada de *L. typus* no Golfo é limitada por isotermas de 20 a 21 °C na superfície e de 18 a 19 °C aos 50 m de profundidade (HENDRICKX & ESTRADA-NAVARRETE, 1994). A

distribuição dos camarões *Lucifer* no Oceano Pacífico, fazendo referência às suas características adaptativas foi relatada no trabalho de Hashizume e Omori (1995).

A ocorrência de *L. faxoni* e *L. typus* foi relatada em um estudo da composição de crustáceos decápodes do Brasil, entre o Rio Grande do Norte e Alagoas (COELHO & RAMOS-PORTO, 1994/1995).

Em laboratório, a alimentação de *L. faxoni* foi investigada por Vega-Pérez *et al.* (1996), que determinaram que a taxa de alimentação desta espécie é influenciada pelo tamanho e concentração da presa, bem como pelo tempo de contato da mesma. Além disso, os autores perceberam que a atividade alimentar de *L. faxoni* foi maior em condições de luz quando comparados com condições de escuro (VEGA-PÉREZ *et al.*, 1996). Uma pequena chave de identificação com as duas espécies do gênero que ocorrem no litoral brasileiro foi elaborada por D’Incao (1997).

Uma nota foi publicada com a ocorrência de *L. faxoni* em amostras coletadas em uma base naval situada no estuário de Potengi (Natal, Rio Grande do Norte, Brasil), onde o tamanho da população foi inferido pelos autores, mas os aspectos sobre a biologia da espécie não foram esclarecidos por ter sido uma coleta pontual e realizada num período de 24 horas (SANKARANKUTTY & BARCA, 2000).

A distribuição e a dispersão do zooplâncton do sistema estuarino de Itamaracá (Pernambuco, Brasil) foram estudadas, e *Lucifer* foi citado como um dos taxa mais abundante neste local (SCHWAMBORN *et al.*, 2001). Camarões adultos deste gênero foram influenciados pelo carbono em um estudo sobre a importância dos manguezais para as larvas de crustáceos decápodes neste mesmo sistema estuarino (SCHWAMBORN *et al.*, 2002).

Quando investigada na Baía de Guanabara, Brasil, a densidade de luciferídeos sofreu variações em relação a variáveis ambientais e período do dia (FERNANDES *et al.*, 2002).

Um guia ilustrado do zooplâncton costeiro e de superfície do Oceano Índico foi produzido com a descrição de três espécies de *Lucifer* (*L. penicillifer*, *L. typus* e *L. chacei*) (CONWAY *et al.*, 2003).

A ocorrência de *L. faxoni* foi citada na composição dos taxa do macrozooplâncton coletados durante a segunda expedição oceanográfica do Programa REVIZEE na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste (CAVALCANTI & LARRAZÁBAL, 2004).

Uma chave baseada na morfologia do tólico de fêmeas para as sete espécies da Família Luciferidae foi desenvolvida por Hashizume (2004) com o objetivo de auxiliar na distinção mais precisa das fêmeas.

As sete espécies que compõe a família foram capturadas no trabalho de Antony (2005) que estudou a sua ocorrência e distribuição na Zona Econômica Exclusiva da Índia e relatou que em relação à distribuição horizontal a zona nerítica com profundidade até 50 m suporta 51% do total de abundância de luciferídeos, profundidades entre 50 e 100 m abrigam 29%, 12% ocorrem na plataforma externa (100 m a 200m) e apenas 8% em zonas profundas (>200 m).

A abundância e a distribuição espaço-temporal dos camarões holoplanctônicos das famílias Luciferidae e Sergestidae na Baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil) foram determinadas e constatou-se uma distribuição anual de luciferídeos neste local, bem como uma maior abundância na entrada da Baía (FUGIMURA *et al.*, 2005).

Com a finalidade de produzir um guia ilustrado com características taxonômicas bem definidas das sete (7) espécies que compõem esta família, na Zona Econômica da Índia, foi elaborada uma monografia que descreve todos os aspectos dessas espécies com base nas descrições de autores anteriores e compila imagens e desenhos, facilitando a identificação de espécimes para estudos futuros (NAOMI *et al.*, 2006).

No levantamento da diversidade e distribuição de espécies de camarões marinhos e estuarinos do Norte e Nordeste do Brasil a ocorrência dos luciferídeos foi relatada (COELHO *et al.*, 2006). A confirmação de *L. faxoni* como componente da comunidade zooplânctônica no sistema estuarino Baía de Vitória (Espírito Santo, Brasil) foi concluída por Sterza e Fernandes (2006).

No estudo da distribuição zooplânctônica na Baía Biscayne na Flórida, *L. faxoni* é mencionado como componente da comunidade zooplânctônica (WOODMANSEE, 2007). Padrões temporais de composição e de abundância de mesozooplâncton em condições ambientais com alta salinidade foram encontrados em um estuário da Carolina do Sul (USA) entre os anos 1981 e 2003, com descrição de densidades de *L. faxoni* apenas à noite e em águas superficiais (ALLEN *et al.*, 2008).

Uma revisão dos estudos realizados com zooplâncton marinho do Peru foi realizada e *Lucifer* foram encontrados como um dos gêneros de crustáceos decápodes com registro para águas costeiras deste país (AYÓN *et al.*, 2008).

A densidade de *L. faxoni* foi maior no período chuvoso no estuário de Taperaçu (Bragança, Pará, Brasil) (COSTA *et al.*, 2008).

Na China, os padrões de distribuição de quatro espécies (*L. intermedius*, *L. typus*, *L. penicillifer* e *L. hanseni*) foram descritos de acordo com as condições de temperatura e salinidade do mar da China Oriental (XU, 2010).

Estágios larvais de *Lucifer* foram identificados no estudo da variabilidade de larvas de decápodes no rochoso Arquipélago de São Paulo (Brasil), porém não encontraram variação da densidade destas larvas na região de estudo (KOETTKER *et al.*, 2010).

Um guia ilustrado foi produzido documentando a biodiversidade e a descrição taxonômica das espécies mais comumente encontradas em águas do Kuwait bem como de algumas localidades do Golfo Pérsico. Das 183 espécies de zooplâncton descritas, duas (2) foram de luciferídeos (*L. typus* e *L. hanseni*) (AL-YAMANI *et al.*, 2011).

Lucifer faxoni foi a espécie mais abundante dentre as larvas encontradas na plataforma interna de Santa Catarina (Brasil), onde o estudo classificou 32 táxons das infraordens Penaeidea, Caridea, Thalassinidea, Anomura e Brachyura (BALLABIO, 2011).

Em 2012, estágios larvais de desenvolvimento de *Lucifer* novamente foram relatados no Arquipélago de São Paulo (Brasil) quando a composição e a abundância de larvas de decápodes foram descritas em relação aos meses e locais de coleta (BRANDÃO *et al.*, 2013).

A estrutura populacional de *L. faxoni* apresenta seletividade pelos locais, período do dia e maré no sistema estuarino de Santa Cruz (Pernambuco, Brasil) (CUNHA *et al.*, 2012). A ecologia populacional da mesma espécie também foi investigada em Ubatuba (Costa Sudeste do Brasil) onde diferenças significativas da abundância em relação à profundidade não foram encontradas e apenas na primavera (outubro, novembro e dezembro) houve abundância significativa desta espécie (TEODORO *et al.*, 2012).

Estudando a distribuição de larvas de decápodes na costa da Ilha de Grã Canária, Landeira *et al.* (2013) incluíram *L. typus* na lista das espécies capturadas, cuja densidade foi significativa para este local.

Em um estudo mais recente na Índia, averiguaram como luciferídeos se distribuem em águas estuarinas e costeiras do Sudeste da Índia. Três espécies foram capturadas (*L. typus*, *L. hanseni* e *L. penicillifer*), sendo que *L. hanseni* teve maior dominância entre as demais espécies e a maior abundância de camarões foi encontrada no verão. Quando compararam águas costeiras com estuarinas, encontraram maior composição de espécies em águas costeiras (AROKIASUNDARAM *et al.*, 2014).

A abundância de *L. faxoni* e *L. typus* foi estudada na Plataforma Continental do Amazonas por Melo *et al.* (2014), onde a ocorrência das duas espécies foi relatada pela primeira vez em águas neríticas e oceânicas da Amazônia e as maiores densidades de ambas espécies foram encontradas em amostras neríticas. Esse estudo consistiu em coletas pontuais sob a plataforma e não seguiu um padrão sazonal de amostragens deixando lacunas à respeito da ecologia e da biologia das populações de luciferídeos na Amazônia.

A estrutura populacional e maturidade sexual de *L. faxoni* foram descritos para a Baía de Ubatuba (São Paulo, Brasil). O estudo mostra que existe uma maior ocorrência de *L. faxoni* para áreas costeiras que pode ser explicada pela variação dos fatores abióticos. Além disso, ambas as estimativas de maturidade (crescimento relativo e estágio de petasma) foram muito similares (TEODORO *et al.*, 2014).

Em estudo sobre a influência da maré nas migrações verticais do zooplâncton no estuário ao longo da costa oeste da Índia, Vineetha *et al.* (2015) incluíram Luciferidae na lista de táxons estudados e relatam migração ascendente durante a noite.

A distribuição de luciferídeos no Giro Subtropical do Atlântico Sul foi avaliada pela Comissão Transatlântico Brasil I. As duas espécies (*L. faxoni* e *L. typus*) tiveram seus registros ampliados para o Giro Subtropical do Atlântico. De forma geral, os camarões luciferídeos foram mais frequentes e abundantes nas estações de coleta à oeste da Cordilheira Mesoceânica, com *L. typus* mais representativo tanto em abundância quanto em ocorrência (MARAFON-ALMEIDA *et al.*, 2016).

A análise filogenética de Luciferidae baseada em 169 caracteres morfológicos (dentre eles o petasma, órgão reprodutivo masculino) foi realizada através de microscopia eletrônica, e tendências morfológicas distintas foram encontradas revelando monofilia para a família e a separação de dois clados robustos, que os estudiosos separaram em um novo gênero: *Belzebub*. Desta forma, uma nova chave de identificação foi proposta com os dois gêneros (*Lucifer* e *Belzebub*) (VERESHCHAKA *et al.*, 2016), sendo este o trabalho mais recente publicado até a redação desse texto.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1. Objetivos gerais

Investigar a distribuição espacial e sazonal da densidade dos camarões luciferídeos e descrever a biologia populacional e reprodutiva de *Belzebub faxoni* na Plataforma Continental do Amazonas, em um *continuum* costa-oceano.

2.2. Objetivos específicos

Capítulo 2: Variação espacial e sazonal da densidade da Família Luciferidae (Decapoda) na Plataforma Continental do Amazonas

Estudo com camarões luciferídeos relatam que a reprodução das espécies ocorrem geralmente durante todo o ano (LÓPEZ, 1966; ALVAREZ, 1988; PETIT, 1973; BINET, 1976; FUGIMURA *et al.*, 2005), assim é esperado que *B. faxoni* e *L. typus* sejam encontrados durante todos os meses na PCA.

Espera-se encontrar maiores densidades de *B. faxoni* nas distâncias mais próximas à costa e maiores densidades de *L. typus* na região oceânica, pois os estudos pretéritos sobre os padrões de distribuições de ambas espécies chegaram a esses resultados (BOWMAN & MCCAIN, 1967; COSTA & PRANDI, 1971; D'INCAO, 1997; ANTONY, 2005). Em crustáceos decápodes, padrões de distribuição e abundância são fortemente influenciados por vários fatores ambientais que determinam a ocorrência de espécies (MANTELATO *et al.*, 1995; MANTELATTO & FRANZOZO, 1999). Desta forma, espera-se que as variáveis ambientais aqui estudadas, expliquem o padrão de distribuição de luciferídeos ao longo da PCA.

Objetivos específicos: Estimar a densidade espacial e sazonal dos camarões da Família Luciferidae na Plataforma Continental do Amazonas (PCA) e identificar quais fatores ambientais ou conjunto de fatores melhor explicam a distribuição das espécies.

Hipóteses:

H₁ = Existe variação significativa na densidade das espécies dos camarões luciferídeos em relação à sazonalidade e à distância da costa.

H₁ = A variação na distribuição não homogênea dos camarões luciferídeos coletados na coluna d'água é explicada pela flutuação dos fatores abióticos.

Capítulo 3: Estrutura populacional e reprodutiva de *Belzebub faxoni* na Plataforma Continental do Amazonas

A distribuição de frequência por classes de comprimento considerando o somito pré-bucal de camarões maduros e imaturos difere entre os períodos do ano (ALVAREZ, 1988). Espera-se encontrar os mesmos padrões de variações de comprimento em populações da Plataforma Continental do Amazonas.

Os estudos pretéritos que investigaram a proporção sexual de camarões luciferídeos encontraram diferenças em favor das fêmeas (LÓPEZ, 1966; MARAFON-ALMEIDA *et al.*, 2016) e em favor dos machos (ALVAREZ, 1985; TEODORO *et al.*, 2012, 2014).

A reprodução de luciferídeos é contínua em várias localidades (LÓPEZ, 1966; ALVAREZ, 1988; PETIT, 1973; BINET, 1976; FUGIMURA *et al.*, 2005). O presente trabalho pretende corroborar essa informação para a região amazônica.

Dados da literatura registram o tamanho de primeira maturidade sexual de 1,24 mm e 1,05 mm de comprimento do somito pré-bucal para machos e fêmeas, respectivamente (TEODORO *et al.*, 2014). Espera-se que na região da Plataforma Continental, os resultados sobre maturidade se aproximem dos registrados na literatura.

Objetivos específicos: Descrever a estrutura populacional e reprodutiva de *Belzebub faxoni* na Plataforma Continental do Amazonas.

Hipóteses:

H₁ = A distribuição de frequência de tamanho de *Belzebub faxoni* difere sazonalmente.

H₁ = Existe diferença significativa na proporção sexual de *B. faxoni*.

H₁ = A reprodução de *B. faxoni* é contínua.

H₁ = O tamanho de primeira maturidade sexual de *B. faxoni* da Plataforma Continental do Amazonas difere em relação às demais populações.

3. METODOLOGIA GERAL

3.1. Área de estudo

A região de interesse do presente estudo compreende a área de pluma do Rio Amazonas na Plataforma Continental do norte do Brasil, local em que é enorme a quantidade de material despejado pelo Rio Amazonas (águas e partículas), com intensa expansão de energia (marés, correntes, ondas e ventos), tornando única a variabilidade espacial e temporal dos fatores abióticos. Como consequência, uma infinidade de processos oceanográficos interdependentes e complexos, exercem forte influência sobre a distribuição dos recursos vivos na região (NITTROUER & DEMASTER, 1996).

A Plataforma Continental Brasileira nas proximidades da foz do Rio Amazonas constitui um ambiente oceanográfico altamente energético, onde a circulação hidrodinâmica é originada pela ação conjunta de diversos fatores (marés semi-diurnas, pluma amazônica, ventos alíseos e Corrente Norte do Brasil) (EPIFANIO & GARVINE, 2001; NIKIEMA *et al.*, 2007). A largura da plataforma continental é variável, com mínimos de aproximadamente 100 km ao noroeste (próximo a Cabo Cassipore), e 150 km a sudeste do Rio Pará, e máximos de 250 km perto da desembocadura dos rios Amazonas e Pará. A região costeira à sudeste do Rio Pará se caracteriza por ser muito irregular, apresentando um grande número de baías e enseadas, ao contrário da costa ao noroeste da desembocadura do Amazonas, que é mais lisa e regular (GABIOUX *et al.*, 2005).

O Rio Amazonas tem papel fundamental na circulação oceânica do litoral norte do Brasil. A pluma formada pelo Rio Amazonas (extensão horizontal no oceano da influência da descarga do rio) modifica a distribuição da salinidade de superfície e a hidrodinâmica local. Os principais efeitos da descarga de água doce do Amazonas são observados na segunda metade do ano em função do aumento da Corrente Norte do Brasil e da Contra-Corrente Norte Equatorial (MULLER-KARGER *et al.*, 1988, 1995; FFIELD, 2005). A descarga de água do Rio Amazonas na plataforma continental atinge aproximadamente a ordem de um trilhão de $\text{m}^3 \cdot \text{y}^{-1}$ e é responsável pela alta dinâmica local, tornando essa região, a mais complexa área estuarina do mundo (NITTROUER *et al.*, 1991).

A descarga sólida do Rio Amazonas contribui com importantes depósitos de sedimentos lamosos na Plataforma Continental Interna do Amazonas, o que gera um ambiente bastante distinto de outras áreas costeiras do planeta, com um imenso mosaico

de sedimentos de fundo, variando do tipo arenoso ao lamoso rico em matéria orgânica (SIQUEIRA & APRILE, 2012).

Por ser uma região altamente energética submetida a uma força física em consequência do regime de fluxo da Corrente Norte do Brasil e sofrer estresses por ventos e variações de marés, a plataforma do Norte do Brasil é um ambiente conspícuo, onde recentemente foi descoberto um extenso sistema de corais e rodólitos que resultaram em uma complexa topografia de fundo duro. Embora possuam espécies associadas como esponjas, algas calcárias, lagostas, camarões, cnidários, etc., os recifes de corais da plataforma do Norte do Brasil é considerado pobre em termos de biodiversidade e apresenta atributos funcionais únicos devido à influência da pluma (MOURA *et al.*, 2016).

3.2. Amostragem

Seis estações de coleta foram definidas na área da Plataforma Continental do Amazonas, em uma área sob influência da pluma do Rio Amazonas, partindo-se da Ilha do Marajó (Pará) até 100m de profundidade próximo ao Talude Continental (Figura 8). Realizaram-se sete (7) expedições a campo em julho (2013), outubro (2013), janeiro (2014), maio (2014), julho (2014), outubro (2014) e janeiro (2015), coincidindo com influência do El Niño.

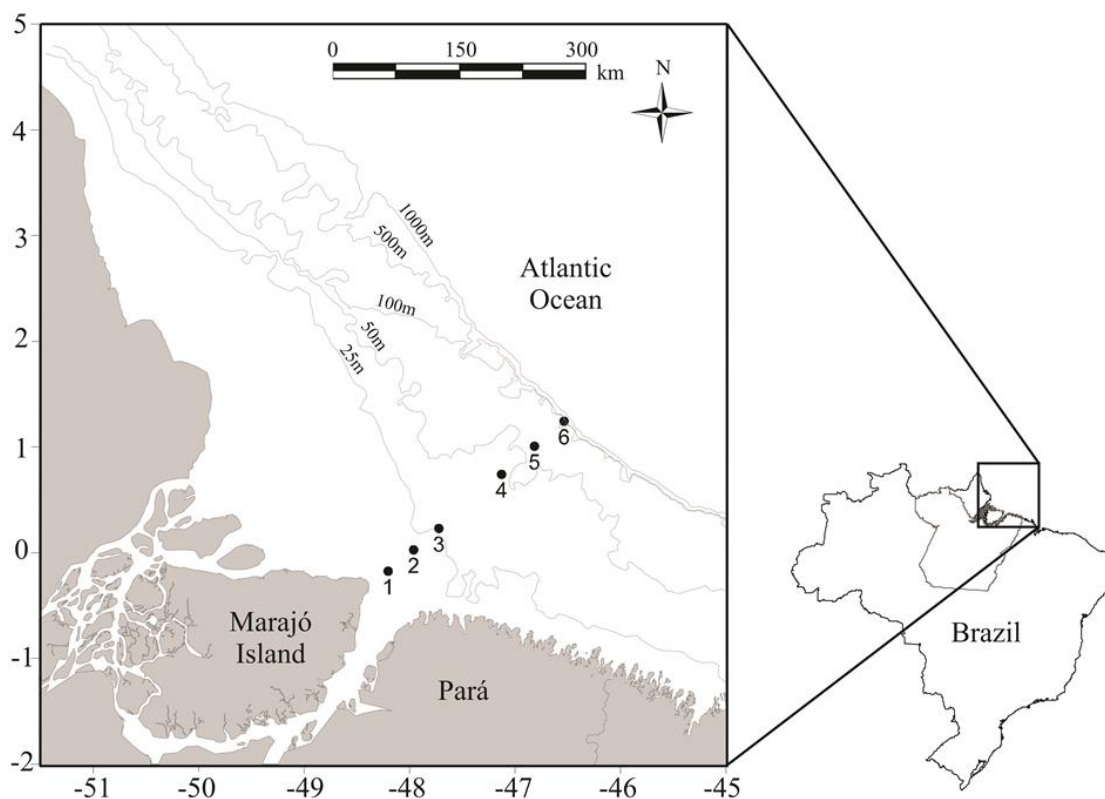


Figura 8: Mapa da Costa Norte do Brasil, com indicações dos locais de coleta (círculos pretos) na Plataforma Continental do Amazonas.

As amostras foram obtidas com arrastos de redes planctônicas cônico-cilíndricas de malha de 200 μm (dimensões: 2 m de comprimento com 30 cm de abertura). Arrastos superficiais horizontais foram efetuados na sub-superfície (0,5 m) da água e arrastos oblíquos foram efetuados em ‘V’, buscando estender-se até 75% da profundidade local.

Todos os arrastos tiveram duração de cinco (5) minutos com a velocidade do barco em torno de dois nós. Em cada rede foi acoplado na abertura um fluxômetro (General Oceanics) previamente calibrado, para o cálculo do volume de água filtrado. No total, 84 amostras foram capturadas: sete (7) expedições à campo (julho/2013, outubro/2013, janeiro/2014, maio/2014, julho/2014, outubro/2014 e janeiro/2015) x seis (6) locais de coleta na Plataforma Continental x dois (2) métodos de arrasto (horizontal subsuperficial e oblíquo).

Em cada estação, os dados abióticos foram coletados simultaneamente à amostragem de zooplâncton, com um perfilador CTD (Hydrolab DS 5) com sensores específicos para temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade e clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}$). Dados de profundidade, coordenadas geográficas, data, hora, dados dos fluxômetros, duração do

tempo de cada arrasto foram registradas em planilhas de campo. Ao término de cada arrasto, as amostras foram retiradas do copo coletor e acondicionadas em frascos de polietileno com capacidade de 500 mL devidamente etiquetadas e preservadas a bordo com formaldeído a 4%, tamponado previamente com tetraborato de sódio.

Através do Sistema de Informações Hidrológicas - HidroWEB (Agência Nacional das Águas - ANA, <http://hidroweb.ana.gov.br/>) foram obtidos os dados de vazão do Rio Amazonas referentes à estação do Município de Óbidos (PA), por ser o mais fidedigno em relação aos dados, uma vez que regiões mais próximas não tem continuidade temporal e frequência de amostragem que corresponda a esse estudo.

Em laboratório, as amostras coletadas em campo foram fracionadas em alíquotas com um subamostrador do tipo Folsom, segundo metodologia descrita em Boltovskoy (1981). Dentre as subamostras, a fração de 1/2 foi definido para os representantes de *Luciferidae*, visando a maior representatividade dos dados.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELE, L.G.; KIM, W. 1986. An Illustrated Guide to the Marine Decapod Crustaceans of Florida. Florida: Department of Biological Science, Florida State University, **Technical Series**, 8(1): 225p.

AHYONG, S.T.; LOWRY, J.K.; ALONSO, M.; BAMBER, R.N.; BOXSHALL, G.A.; CASTRO, P.; GERKEN, S.; KARAMAN, G.S.; GOY, J.W.; JONES, D.S.; MELAND, K.; ROGERS, D.C.; SVAVARSSON, J. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.). 2011. Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, 3148: 165-191.

ALLEN, D.M.; OGBURN-MATTHEWS, V.; BUCK, T.; SMITH, E.M. 2008. Mesozooplankton Responses to Climate Change and Variability in a Southeastern U.S. Estuary (1981–2003). **Journal of Coastal Research**, 55 (Special Issue): 95-110.

ALLER, J.Y.; TODOROV, J.R. 1997. Seasonal and spatial patterns of deeply Calanoid Copepods on the Amazon shelf: periodic erosional/depositional cycles. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 44(1): 57-66.

ALVAREZ, M.P.J. 1985. Migração vertical de *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea-Decapoda) nas águas ao largo de Santos, Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 9: 177-193.

ALVAREZ, M.P.J. 1988. Estudo de *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Decapoda, Sergestidae) através das medidas do somito pré-bucal. **Revista Brasileira de Zoologia**, 5(3): 371-379.

AL-YAMANI, F.Y.; SKRYABIN, V.; GUBANOVA, A.; KHVOROV, S.; PRUSOVA, I. 2011. **Marine Zooplankton Practical Guide for the Northwestern Arabian Gulf**. Kuwait: Kuwait Institute for Scientific Research, 2ed. 197p.

ANGER, K. 2001. The biology of Decapod Crustacean larvae. In: VONK, R. (Ed) **Crustacean issues**, 14. The Netherlands: A.A. Balkema Publishers, Lisse. 405p.

ANTONY, G. 2005. Occurrence and distribution of the planktonic shrimps of the genus *Lucifer* in the EEZ of India. **Journal of the Marine Biological Association of India**, 47(1): 20-30.

AROKIASUNDARAM, A.; BALAMURUGAN, K.; GOPINATH, M.; EZHILARASAN, P.; KANNATHASAN, A.; SAMPATHKUMAR, P. 2014. Distribution of the Planktonic shrimps of the genus *Lucifer* sp. Uppanar estuarine and coastal waters of Cuddalore, Southeast coast of India. **International Journal of Research in Biological Sciences**, 4(4): 111-116.

AYÓN, P.; CRIALES-HERNANDEZ, M.I.; SCHWAMBORN, R.; HIRCHE, H.-J. 2008. Zooplankton research off Peru: A review. **Progress in Oceanography**, 79: 238-255.

BALLABIO, T.A. 2011. **Larvas de Crustáceos Decápodes na Plataforma Interna Sudeste do Brasil**. Paraná, Universidade Federal do Paraná. Dissertação de Mestrado. 67p.

BARTH, R. 1963. Estudos sobre *Lucifer reynaudi* como indicador de águas tropicais. **Notas Técnicas do Instituto de Pesquisas do Mar**, 12: 1-16.

BARTH, R. 1964. Observações em indicadores biológicos na Corrente do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 36(2): 217-225.

BEZERRA, M.F.C. 2006. **Composição e Abundância dos Copepoda (Crustacea) Planctônicos da Costa do Amapá - OP. Norte IV (Revizee/Score no)**. Universidade Federal do Pará. Dissertação de Mestrado. 77p.

BINET, D. 1976. Contribution a l'écologie de quelques taxons du zooplancton de cote d'ivoire: Larves de Decapodes et *Lucifer*. **Centre de Recherches Océanologiques Abidjan**, 7(1): 63-84.

BOLTOVSKOY, D. 1981. **Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino**. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina, 936p.

BORRADAILE, L. A. 1915. On the species of *Lucifer* and their distribution. **Annals and Magazine of Natural History**, (8)16: 226-231.

BOSCHI, E.E. 1981. Larvas de Crustacea Decapoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino**. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina, 936p.

BOWMAN, T.E. 1967. The planktonic shrimp, *Lucifer chacei* sp. nov, the Pacific twin of the Atlantic *Lucifer faxoni*. **Pacific Science**, 21 (2): 266-271.

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

BRANDÃO, M.C.; KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S. 2013. Abundance and composition of decapod larvae at Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantic). **Marine Ecology**, 34: 171-185.

BROOKS, W.K. 1882. *Lucifer*: a study in morphology. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, 173: 57-137.

CALEF, G.W.; GRICE, G.D. 1967. Influence of the Amazon river out flow on the ecology of the western tropical Atlantic. II. Zooplankton abundance copepod distribution, with remarks on the fauna of low-salinity areas. **Journal of Marine Research**, 25(1): 84-94.

CARVALHO, A.S.S.; NEVIS, A.B.; OLIVEIRA, D.B.; MARTINELLI-LEMOES, J.M. 2013. Abundância das larvas de Porcellanidae (Decapoda, Anomura) no meroplâncton

do estuário do Rio Caeté, estuário amazônico brasileiro. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology (Impresso)**, 17: 7-15.

CARVALHO, A.C.O.; MARINS, R.V.; DIAS, F.J.S.; REZENDE, C.E.; LEFÈVRE, N.; CAVALCANTE, M.S.; ESCHRIQUE, S.A. 2017. Air-sea CO₂ fluxes for the Brazilian northeast continental shelf in a climatic transition region. **Journal of Marine Systems**, 173: 70–80.

CASTRO, B.M.; LORENZZETTI, J.A.; SILVEIRA, I.C.A.; MIRANDA, L.B. 2006. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B.; MADUREIRA, L.S.P. (Eds.), **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região SudesteSul do Brasil**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 11–120.

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

CHACE, J.R. F.A. 1972. The shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribbean expeditions with a summary of West Indian shallow-water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). **Smithsonian Contributions to Zoology**, 98: 1-179.

COELHO, P.A.; RAMOS-PORTO, M. 1994/1995. Distribuição Ecológica dos Crustáceos Decápodes Marinhos do Nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 23: 113-128.

COELHO, P.A.; ALMEIDA, A.O.; SOUZA-FILHO, J.F.; BEZERRA, L.E.A.; GIRALDES, B.W. 2006. Diversity and distribution of the marine and estuarine shrimps (Dendrobranchiata, Stenopodidea and Caridea) from North and Northeast Brazil. **Zootaxa**, 1221: 41-62.

CONWAY, D.V.P.; WHITE, R.G.; HUGUESDIT-CILES, J.; GALLIENNE, C.P. 2003. Guide to the coastal and surface zooplankton of the South-Western Indian Ocean. **Marine Biological Association of the United Kingdom**. 354pp.

COSTA, K.G.; PEREIRA, L.C.C.; COSTA, R.M. 2008. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, 3(2): 127-141.

COSTA, R.M.; LEITE, N.R.; PEREIRA, L.C.C. 2009. Mesozooplankton of the Curuçá Estuary (Amazon Coast, Brazil). **Journal of Coastal Research**, 1: 400-404.

COSTA, H.R.; PRANDI, N.R.W. 1971. Estudo da distribuição das espécies do gênero *Lucifer* em amostras de plâncton coletadas entre Cabo Frio e a Baía de Santos. **Arquivos Museu Nacional**, 54: 159-170.

CUNHA, A.G.; SCHWAMBORN, R.; SANTOS, T.G. 2012. Influência espacial, luminosa e lunar sobre a população de *Lucifer faxoni* (Borradaile 1915) no sistema estuarino do Canal de Santa Cruz, Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography**, 40(2): 285-295.

- D'INCAO, F. 1997. Espécies do gênero *Lucifer* Thompson, 1829 no litoral brasileiro (Decapoda: Luciferidae). **Nauplius**, 5(2): 139-145.
- DUARTE, A.K.; KINAS, P.G.; MUXAGATA, E.; ODEBRECHT, C. 2014. Zooplankton biomass distribution in the Subtropical Southwestern Atlantic Ocean: relationships with environmental factors and chlorophyll *a*. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 9(4): 239-261.
- EPIFANIO, C.E.; GARVINE, R.W. 2001. Larval Transport on the Atlantic Continental Shelf of North America: a Review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 52: 51-77.
- FERNANDES, L.D.A.; BONECKER, S.L.C.; VALENTIM, J.L. 2002. Dynamic of Decapod Crustacean Larvae on the Entrance of Guanabara Bay. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 45(4): 491-498.
- FFIELD, A. 2005. North Brazil current rings viewed by TRMM Microwave Imager SST and the influence of the Amazon Plume. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 52: 137-160.
- FUGIMURA, M.M.S.; OSHIRO, L.M.Y.; SILVA, R. 2005. Distribuição e abundância das Famílias Luciferidae e Sergestidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida, Seropédica**, 25(2): 52-59.
- GABIOUX, M.; VINZON, S.B.; PAIVA, A.M. 2005. Tidal propagation over fluid mud layers on the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**, 25: 113-125.
- GROSS, M.G.; GROSS, E. 1996. **Oceanography, a view of earth**. New Jersey: Prentice Hall, 472p.
- HANSEN, H.J. 1919. The Sergestidae of the Siboga Expedition. **Siboga Exped**, 38: 48-65.
- HARIDAS, P. 1982. **Zooplankton studies in the Cochin environs**. India, Cochin University of Science and Technology. Tese de doutorado. 203p.
- HARPER Jr., D.E. 1968. Distribution of *Lucifer faxoni* (Crustacea: Decapoda: Sergestidae) in neritic waters off the Texas coast, with a note on the occurrence of *Lucifer typus*. **Contributions in Marine Science University of Texas**, 13: 1-16.
- HARTNOLL, R.G. 1968. The female reproductive organs of *Lucifer* (Decapoda, Sergestidae). **Crustaceana**, 15(3): 263- 271.
- HASHIZUME, K. 1996. A preliminary report on the larval development of *Lucifer intermedius* Hansen, 1919 (Crustacea: Decapoda: Sergestoidea). **Procedures Arthropodan Embryological Society of Japan**, 31: 19-20.

HASHIZUME, K. 2004. Comparative morphology of the thelycum of the planktonic shrimp genus *Lucifer* (Crustacea: Decapoda: Luciferidae) and its significance in taxonomy. **Publications of the Seto Marine Biological Laboratory**, 40(1/2): 97-105.

HASHIZUME, K.; OMORI, M. 1995. Distribution of warm epiplanktonic shrimp of the genus *Lucifer* (Decapoda; Dendrobranchiata; Sergestidae) in the northwestern Pacific Ocean with special reference to their adaptive features. **IOC Workshop Report**, 142: 156-162.

HENDRICKX, M.E.; ESTRADA-NAVARRETE, F.D. 1994. Temperature related distribution of *Lucifer typus* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of California. **Revista de Biologia Tropical**, 42(3): 579-584.

HOLT, J.; STRAWN, K. 1983. Community structure of macrozooplankton in Trinity and Upper Galveston Bays. **Estuaries**, 6: 66-75.

JERNBERG, S.; LEHTINIEMI, M.; UUSITALO, L. 2017. Evaluating zooplankton indicators using signal detection theory. **Ecological Indicators**, 77: 14-22.

KENNISH, M.J. 1986. **Ecology of Estuaries: Biological Aspects**. Boca Raton: CRC Press, 254p.

KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S.; SUMIDA, P.Y.G. 2010. Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 90(6): 1227-1239.

KRUMME, U.; LIANG, T. 2004. Tidal induced changes in a copepod dominated zooplankton community in a macrotidal mangrove channel in northern Brazil. **Zoological Studies**, 43(2): 404-414.

LANDEIRA, J.M.; LOZANDO-SOLDEVILLA, F.; HERNANDEZ-LEÓN, S. 2013. Temporal and alongshore distribution of decapod larvae in the oceanic island of Gran Canaria (NW Africa). **Journal of Plankton Research**, 35: 309-22.

LEE, W.Y.; WINTERS, K.; NICOL, J.A.C. 1978. The biological effects of the water-soluble fractions of a no. 2 fuel oil on the planktonic shrimp, *Lucifer faxoni*. **Environmental Pollution**, 15(3): 167-183.

LEE, W.Y.; OMORI, M.; PECK, R.W. 1992. Growth, reproduction and feeding behavior of the planktonic shrimp, *Lucifer faxoni* Borradaile, off the Texas Coast. **Journal of Plankton Research**, 14(1): 61-69.

LENZ, J. 2000. Introduction. In: **ICES Zooplankton Methodology Manual**. HARRIS, R.; WIEBE, P.; LENZ, J.; SKJOLDAL, H. R.; HUNTLEY, M. (Eds.). California: Academic Press. San Diego, 1-32.

LI, M.; GARGETT, A.; DENMAN, K. 2000. What determines seasonal and interannual variability of phytoplankton and zooplankton in strongly estuarine systems? Application

to the semi-enclosed estuary of Strait of Georgia and Juan de Fuca strait. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 50: 467-488.

LI, K.Z.; YIN, J.Q.; HUANG, L.M.; TAN, Y.H. 2006. Spatial and temporal variations of mesozooplankton in the Pearl River estuary, China. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 67: 543-552.

LONGHURST, A.R. 1985. The Structure and Evolution of Plankton Communities. **Progress in Oceanography**, 15: 1-35.

LÓPEZ, M.T. 1966. Biología de *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915, em Cananéia, Brasil (Crustacea, Decapoda, Luciferidae). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 15(1): 47-54.

MACKAS, D.L.; BEAUGRAND, G. 2010. Comparisons of zooplankton time series. **Journal of Marine Systems**, 79: 286-304.

MADHUPRATAP, M.; NAIR, V.R.; NAIR, S.R.S.; ACHUTHANKUTTY, C.T. 1981. Thermocline and zooplankton distribution. **Indian Journal of Marine Sciences**, 10: 262-265.

MAGALHÃES, A.; COSTA, R.M.; LIANG, T.H.; PEREIRA, L.C.C.; RIBEIRO, M.J.S. 2006. Spatial and temporal distribution in density and biomass of two *Pseudodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté river estuary (Amazon region - North of Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, 66(2A): 421-430.

MANTELATO, F.L.M.; FRANSOZO, A.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 1995. Distribuição do caranguejo *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Crustacea, Decapoda, Brachyura) na Enseada de Fortaleza, Ubatuba (SP), Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 43: 51-61.

MANTELATO, F.L.M.; FRANSOZO, A. 1999. Characterization of the physical and chemical parameters of Ubatuba Bay, northern coast of São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, 59: 23-31.

MARAFON-ALMEIDA, A.; PEREIRA, J.B.; FERNANDES, L.F.L. 2016. Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30° s. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64(3): 217-22.

MATSUMURA-TUNDISI, T. 1997. **Estudo de diversidade de espécies de zooplâncton lacustre do Estado de São Paulo**. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <http://biota-fapesp.net/revisoes/zooplancton.pdf>. Acesso em janeiro de 2015.

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

MELO, N.F.A.C.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L.M.O.; MARTINS-NETO, F.E.; PALHETA, G.D.A. 2014. Distribution of the planktonic shrimp *Lucifer*

(Thompson, 1829) (Decapoda, Sergestoidea) off the Amazon. **Brazilian Journal Biology**, 74(3): 45-51.

MOTTA, P.J.; MASLANKA, M.; HUETER, R.E.; DAVIS, R.L.; LA PARRA, R.; MULVANY, S.L.; HABEGGER, M.L.; STROTHER, J.A.; MARA, K.R.; GARDINER, J.M.; TYMINSKI, J.P.; ZEIGLER, L.D. 2010. Feeding anatomy, filter-feeding rate, and diet of whale sharks *Rhincodon typus* during surface ram filter feeding off the Yucatan Peninsula, Mexico. **Zoology**, 113: 199-212.

MOURA, R.L.; AMADO-FILHO, G.M.; MORAES, F.C.; BRASILEIRO, P.S.; SALOMON, P.S.; MAHIQUES, M.M.; BASTOS, A.C.; ALMEIDA, M.G.; SILVA, J.M.; ARAÚJO, B.F.; BRITO, F.P.; RANGEL, T.P.; OLIVEIRA, B.C.V.; BAHIA, R.G.; PARANHOS, R.P.; DIAS, R.J.S.; SIEGLE, E.; FIGUEIREDO, A.G. JR.; PEREIRA, R.C.; LEAL, C.V.; HADJU, E.; ASP, N.E.; GREGORACCI, G.B.; NEUMANN-LEITÃO, S.; YAGER, P.L.; FRANCINI-FILHO, R.B.; FRÓES, A.; CAMPEÃO, M.; SILVA, B.S.; MOREIRA, A.P.B.; OLIVEIRA, L.; SOARES, A.C.; ARAUJO, L.; OLIVEIRA, N.L.; TEIXEIRA, J.B.; VALLE, R.A.B.; THOMPSON, C.C.; REZENDE, C.E.; THOMPSON, F.L. 2016. An extensive reef system at the Amazon River mouth. **Science Advances**, 2(4): 1-11.

MÜLLER-KARGER, F.E.; MCCLAIN, C.R.; RICHARDSON, P. 1988. The dispersal of Amazon's water. **Nature**, 333: 56-59.

MÜLLER-KARGER, F. E.; RICHARDSON, P. L.; MCGILLICUDDY, D. 1995. On the offshore dispersal of the Amazon's Plume in the North Atlantic: Comments on the paper by A. Longhurst, "Seasonal cooling and blooming in tropical oceans". **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 42(11-12): 2127-2131.

NAOMI, T.S.; ANTONY, G.; GEORGE, R.M.; JASMINE, S. 2006. **Monograph on the Planktonic Shrimps of the Genus *Lucifer* (Family Luciferidae) from the Indian EEZ**. Central Marine Fisheries Research Institute. 54p.

NOBILI, G. 1905. Diagnoses préliminaires de 34 espèces et variétés nouvelles, et de 2 genres nouveaux de Décapodes de la Mer Rouge. **Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle**, 6: 393-411.

NEGREIROS-FRANSOZO, M.L.; GONZÁLEZ-GORDILLO, J.I.; FRANSOZO, A. 2002. First larval stage of *Exhippolysmata oplophoroides* (Holthuis, 1948) (Decapoda, Caridae, Hippolytidae) obtained in laboratory. **Nauplius**, 10(1): 67-71.

NIKIEMA, O.; DEVENON, J.L.; BAKLOUTI, M. 2007. Numerical modeling of the Amazon River Plume. **Continental Shelf Research**, 27(7): 873- 899.

NITTROUER, C.A.; DEMASTER, D.J.; FIGUEIREDO, A.G.; RINE, J.M. 1991. AMASSEDS: an interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. **Oceanography**, 4: 3-7.

NITTROUER, C.A.; DEMASTER, D.J. 1996. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. **Continental Shelf Research**, 16: 553-57.

OLIVEIRA, D.B.; SILVA, D.C.; MARTINELLI, J.M. 2012. Density of larval and adult forms of the burrowing crustaceans *Lepidophthalmus siriboia* (Callinassidae) and *Upogebia vasquezi* (Upogebiidae) in an Amazon estuary, northern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 92(2): 295-303.

OLIVEIRA, D.B.; SILVA, D.C.; MARTINELLI-LEMOES, J.M. 2013. Larval and adult density of the porcellanid crab *Petrolisthes armatus* (Anomura: Porcellanidae) in an Amazon estuary, northern Brazil. **Zoologia (Curitiba): An International Journal for Zoology**, 30: 592-600.

OMORI, M. 1975. The systematics, biogeography and fishery of epipelagic shrimp shrimps of the genus *Acetes* (Crustacea, Decapoda, Sergestidae). **Bulletin of the Ocean Research Institute University of Tokyo**, 7: 1-91

OMORI, M. 1977. Distribution of warm water epiplanktonic shrimps of the genera *Lucifer* and *Acetes* (Macrura, Penaeidae, Sergestidae). **Proceedings of the Symposium on Warm Water Zooplankton** (Special publication of UNESCO/NIO), 1-12.

OMORI, M. 1992. Occurrence of two species of *Lucifer* (Dendrobranchiata: Sergestoidea: Luciferidae) of the Pacific Coast of America. **Journal of Crustacean Biology**, 12(1): 104-110.

OMORI, M.; IKEDA, T. 1984. **Methods in Marine Zooplankton Ecology**. John Wiley, New York, 332p.

PASCUAL, C.R.; WAKABAR, Y.; FLYNN, M.N. 2002. Composition, distribution and temporal variation of a suprabenthic community of Ribeira Bay, Angra dos Reis, Southeastern Brazil. **Océanides**, 17(1): 41-56.

PEREZ-FARFANTE, I.; KENSLEY, B. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the worlds. Keys and diagnoses for the families and genera. Paris, **Memoires du Muzeim National d'Histoire Naturelle**, 233p.

PETIT, D. 1973. Données sur la morphologie et la croissance chez le genre *Lucifer* (Décapodes Sergestidae): *L. intermedium*, *L. penicillifer*, *L. hanseni*, *L. chacei*, *L. faxoni*-Cahiers O.R.S.T.O.M. **Océanographie**, 11:207-227.

QASIM, S.Z.; WAFAR, M.V.M.; SUMITRA, V.; JOSEPH, P.; KRISHNAKUMARI, L. 1978. Biological productivity of coastal waters of India from Dabhol to Tuticorin. **Indian Journal Marine Sciences**, 7: 84-93.

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

RAJAGOPALAN, M.S.; THOMAS, P.A.; MATHEW, K.J.; SELVARAJ, D.G.S.; GEORGE, R.M.C.V.; MATHEW, T.S.; NAOMI, P. K.; BALACHANDRAN, V.K.; ANTONY, G. 1992. Productivity of the Arabian Sea along the south west coast of India. **Bulletin Central Inland Capture Fisheries Research Institute**, 45: 9-37.

SANKARANKUTTY, C.; BARCA, F.E.N. 2000. Some observations on *Lucifer faxoni* Borradaile (Crustacea: Decapoda: Sergestidae) collected from a tidal estuary. **Journal of the marine Biological Association of India**, 41(1): 103-106.

SANTOS, A., LINDLEY, J. A. 2001. Crustacea Decapoda: Larvae. II. Dendrobranchiata (Aristeidae, Benthescymidae, Penaeidae, Solenoceridae, Sicyonidae, Sergestidae and Luciferidae). In: LINDLEY, J.A. **Fiches d'identification du plankton**, LEAFTLET (Ed.) n°186. ICES Identification Leaflets for Plankton:, 9p.

SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SILVA, T.A.E; SILVA, A.P.; EKAU, W.; SAINT-PAUL, U. 2001. Distribution and dispersal of Decapod Crustacean larvae and other zooplankton in the Itamaracá Estuarine System, Brazil. **Tropical Oceanography**, 29(1): 1-18.

SCHWAMBORN, R.; EKAU, W.; VOSS, M.; SAINT-PAUL, U. 2002. How important are mangroves as a carbon source for decapod crustacean larvae in a tropical estuary? **Marine Ecology Progress Series**, 229: 195–205.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.M. 2012. Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica-Brasil. **Acta Amazonica**, 42(2): 259 - 268.

STERZA, J.M.; FERNANDES, L.L. 2006. Zooplankton Community of the Vitoria Bay estuarine system (Southeastern Brazil). Characterization during a three-year study. **Brazilian Journal of Oceanography**, 54(2/3): 95-105.

TEODORO, S.S.A.; NEGREIROS-FRANZOZO, M.L.; SIMÕES, S.M.; LOPES, M.; COSTA, R.C. 2012. Population Ecology of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Sergestoidea, Luciferidae) of the Southeastern Coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 60(2): 245-253.

TEODORO, S.S.A.; PANTALEÃO, J.A.F.; NEGREIROS-FRANZOZO, M.L.; COSTA, R.C. 2014. Ecological aspects and sexual maturity of a Southwestern Atlantic population of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* (Decapoda: Sergestoidea). **Journal of Crustacean Biology**, 34(4): 422-430.

TROOST, D.G. 1975. The Sergestid shrimp *Lucifer* in the 1970 Citar plankton samples taken by h.m.s. “luymes”, with notes on the amazon river as nutrient source. **Bulletin Zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam**, 4(24): 201-211.

TURNER, J.T. 1984. **The feeding ecology of some zooplankters that are important prey item of larval fish**. NOAA Technical Report. 37p.

VEGA-PÉREZ, L.A.; ARA, K.; LIANG, T.H.; PEDREIRA, M.M. 1996. Feeding of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea: Decapoda) in the laboratory. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 44(1): 1-8.

VERESHCHAKA, A.; OLESEN, J.; LUNINA, A. 2016. A phylogeny-based revision of the family Luciferidae (Crustacea: Decapoda). **Zoological Journal of the Linnean Society**, 178: 15-32.

Vineetha, G.; Jyothibabu, R.; Madhu, N.V.; Kusum, K.K.; Sooria, P.M.; Shivaprasad, A.; Reny, P.D.; Deepak, M.P. 2015. **Wetlands**, 35:597-610.

WILLIAMSON, D.I. 1982. Larval Morphology and Diversity. In: **The Biology of Crustacea**. ABELE, L. G. (ed.). New York, Academic Press, 2: 43-110.

WISNHER, K.F.; GOWING, M.M.; GELFMAN, C. 1998. Mesozooplankton biomass in the upper 1000m in the Arabian Sea: Overall seasonal and geographic patterns, and relationship to oxygen gradients. **Deep-Sea Research**, 2(45): 2405-2432.

WOODMANSEE, R.A. 1966. Daily vertical migration of *Lucifer* planktonic numbers in relation to solar and tidal cycles. **Ecology**, 47(5): 847-850.

WOODMANSEE, R.A. 2007. The seasonal distribution of the zooplankton off chicken key in Biscayne Bay, Florida. **Ecology**, 39(2): 247-262.

XU, Z.L. 2010. Determining optimal temperature and salinity of *Lucifer* (Dendrobranchiata: Sergestoidea: Luciferidae) based on field data from the East China Sea. **Plankton Benthos Research**, 5(4): 136–143.

CAPÍTULO II

VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DE BELZEBUB FAXONI E LUCIFER TYPUS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

RESUMO

O zooplâncton desempenha um papel fundamental nas teias alimentares aquáticas por representar um dos principais elos que transmite a energia sintetizada pelo fitoplâncton para os consumidores de níveis tróficos mais elevados incluindo os que possuem interesses comerciais, tais como moluscos, crustáceos e peixes. A Família Luciferidae é um componente importante dessa biota e contém sete espécies, com apenas duas registradas na costa brasileira: *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus*. Este trabalho tem como objetivo principal estimar a abundância espacial e sazonal dos camarões luciferídeos na Plataforma Continental do Amazonas (PCA), região conspícua onde fatores ambientais regem a dinâmica das populações estuarino-costeiras, sendo fundamental para compreender como esse grupo é estruturado frente à uma região única do planeta. As amostras de plâncton foram coletadas trimestralmente em seis locais da PCA utilizando redes cônico-cilíndricas de 200 μm , em arrastos superficiais e oblíquos de forma a abranger uma parcela significativa das populações. Um total de 79.268 exemplares foram coletados em todas as fases de desenvolvimento (mysis, juvenil e adulto), um dos táxons mais abundantes na PCA (densidade de mysis = 116,4 larvas/ m^3 e juvenis e adultos = 55,78 ind./ m^3) em relação a outros decápodes zooplantônicos. A densidade de *B. faxoni* não diferiu em relação ao tipo de arrasto (horizontal ou oblíquo), entretanto *L. typus* diferiu significativamente ocorrendo unicamente em arrastos oblíquos ($H= 4,15$; $p<0.05$), o que pode explicar essa espécie não estar presente na maioria dos trabalhos sobre zooplâncton, uma vez que o método de coleta com arrastos horizontais é predominante. Em relação aos meses, houve variação significativa na densidade apenas de mysis de *B. faxoni* ($H= 16,6$; $p<0.05$) com maior representatividade em maio. A densidade na porção intermediária da PCA que corresponde à distância de 83 km da costa diferiu significativamente para jovens e adultos de *B. faxoni* ($H= 14,61$; $p<0.05$). Ao contrário do que se esperava, mysis, jovens e adultos de *B. faxoni* não apresentaram correlações significativas com as variáveis ambientais, o que explica essa espécie estar

amplamente distribuída no *continuum* costa-oceano nas águas amazônicas. Camarões adultos e juvenis de *L. typus* correlacionam-se positivamente com a salinidade ($r= 0.23$, $p<0.05$) e negativamente com as demais variáveis: temperatura, clorofila-*a* e vazão ($r= -0,31$, $r= -0.24$, $r= -0,22$; $p<0,05$; respectivamente), o que explica ser essa espécie oceânica e associada a maiores salinidades, com distribuição ao longo da coluna d'água.

Palavras-chave: Amazônia; Crustacea; Decapoda; pluma estuarina; águas tropicais

INTRODUÇÃO

Variações espaciais e temporais da densidade de zooplâncton podem ser explicadas por uma variedade de fatores, como o recrutamento larval, a disponibilidade de alimento e também por processos físicos e químicos que proporcionam a exportação e importação de organismos no ambiente aquático (Costa et al., 2009). Estudar como densidades planctônicas marinhas se comportam, dadas as características biogeofísicas do ambiente aquático, culminam no melhor entendimento das propriedades ecológicas dos ecossistemas regionais e conseqüentemente das possíveis respostas ocasionadas por mudanças ambientais (Pepin et al., 2015).

As águas costeiras representam o elo entre os sistemas terrestres e oceânicos, recebendo grande quantidade de material em suspensão através de descargas fluviais continentais e de águas subterrâneas, bem como de trocas gasosas entre a atmosfera, os sedimentos e o mar aberto (Carvalho et al., 2017). Levando em consideração que essa região é composta de um mosaico de ecossistemas aquáticos de grande relevância ambiental e única no planeta, a região da pluma amazônica e da plataforma continental norte brasileira é capaz de propiciar o estabelecimento e a distribuição de muitas espécies, através da disponibilidade de nutrientes e das suas condições ambientais favoráveis.

Nesse contexto, os camarões luciferídeos (incluindo seus estágios larvais) desempenham papel fundamental na manutenção dos estoques marinhos, principalmente para estoques de camarões pelágicos e peixes de interesses comerciais, pois atuam como elo trófico transferindo a energia produzida pelo fitoplâncton para os consumidores superiores. A Plataforma Continental do Norte do Brasil possui um dos ecossistemas mais produtivos do mundo, embora esteja sujeita a preocupantes ameaças

de sobrepesca, poluição, extrativismo de petróleo e aumento da temperatura do oceano, o que pode ter contribuído para a redução da produção primária nos últimos anos, prejudicando suas funções ecológicas (Issac e Ferrari, 2017).

Recentemente a Família Luciferidae foi revisada filogeneticamente tendo os caracteres morfológicos sido estudados por microscopia eletrônica de varredura. Em consequência disso, atualmente são reconhecidos dois gêneros: *Lucifer* Thompson, 1829 e *Belzebub* Vereshchaka, Olesen & Lunina, 2016 (Vereshchaka et al., 2016). No Brasil, há apenas a ocorrência de duas das sete espécies que representam a família: *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus*. Esses camarões são comumente encontrados em camadas superficiais de águas tropicais e subtropicais, e às vezes tornam-se o principal componente da fauna superficial planctônica (Omori, 1992). A ocorrência de *B. faxoni* é restrita ao Oceano Atlântico enquanto *L. typus* ocorre em águas abertas quentes do Atlântico e nos oceanos Índico e Pacífico (Barth, 1963 e 1964; Marafon-almeida et al., 2016; Vereshchaka et al., 2016).

Melo et al. (2014) relatam que estudos na região amazônica com enfoque em zooplâncton são escassos, especialmente para *B. faxoni* e *L. typus*, espécies frequentemente encontradas em amostras planctônicas da Plataforma Continental do Norte do Brasil, e até o presente momento é o único trabalho que caracteriza o zooplâncton e relata a distribuição dessas duas espécies nesta região.

Desta forma, este estudo investiga as variações espaciais e sazonais de duas espécies holoplanctônicas *B. faxoni* e *L. typus* ao longo de um transecto perpendicular à costa na Plataforma Continental do Amazonas sob a influência da pluma do Rio Amazonas, avaliadas em relação a meses com influência de El Niño, a um continuum de 300 km de costa e quanto à distribuição horizontal ou vertical na coluna d'água. O trabalho objetiva contribuir com melhores informações a respeito da ecologia destes camarões na região amazônica, entendendo que eles são imprescindíveis na manutenção de ecossistemas aquáticos costeiros, uma vez que são elo importante na cadeia trófica.

METODOLOGIA

Área de estudo

As coletas de campo foram realizadas na Plataforma Continental do Amazonas (PCA) (Fig. 1), Costa Norte do Brasil. A Plataforma Continental ocupa áreas acima e abaixo da linha do Equador, com extensão máxima de 320 km na foz do Rio Amazonas decrescendo para aproximadamente 100 km tanto à noroeste quanto à sudeste na altura do Amapá e Maranhão, respectivamente (Brandini et al., 1997).

O estuário sob a plataforma amazônica é conspícuo, sendo constituído de grandes quantidades de materiais (águas, solutos e partículas) e de expansão de energia (através de marés, correntes, ventos e ondas), resultando em uma gama de processos oceânicos interdependentes e complexos (Nittrouer et al., 1991). A pluma proveniente da descarga do Rio Pará, Rio Amazonas e de seus afluentes tem diferentes padrões de dispersão durante o ano e é caracterizada por grandes quantidades de águas de baixas salinidades, nutrientes e materiais particulados dissolvidos (Lentz, 1995; Mollerli et al., 2010). A principal corrente oceânica que atinge o local é a Corrente do Norte do Brasil (CNB), uma forte corrente oriunda da Corrente Equatorial do Sul (CSE) que se distribui no Equador ao longo da margem continental (Silva et al., 2010).

Amostragem e procedimentos laboratoriais

Sob a influência da pluma do Rio Amazonas, seis locais foram definidos para a amostragem na Plataforma Continental do Norte do Brasil, levando em consideração as distâncias da costa de 23, 53, 83, 158, 198 e 233 km, cujas profundidades cresceram a partir do local mais próximos à costa (10, 22, 32, 42, 57 e 80 m, respectivamente) (Fig. 1). Os cruzeiros aconteceram trimestralmente de julho de 2013 a janeiro de 2015, totalizando 7 expedições e 84 amostras analisadas.

Dois tipos de arrastos de zooplâncton com malha de 200 μ m foram utilizados para a captura das espécies. Arrastos superficiais horizontais realizados à 0,5 m da superfície e os arrastos oblíquos, que consideraram 75% da profundidade de cada local. Ambos tiveram duração de cinco (5) minutos com a velocidade do barco em torno de dois (2) nós. Em cada rede de arrasto um fluxômetro anteriormente calibrado (General Oceanics) foi acoplado para cálculo de volume filtrado.

Antes das amostragens de zooplâncton, dados abióticos foram coletados a partir de um perfilador CTD (Hydrolab DS5): temperatura (°C), salinidade e clorofila-*a*. Dados de vazão do Rio Amazonas referentes à estação do Município de Óbidos (PA) foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas - HidroWEB (Agência Nacional das Águas - ANA, <http://hidroweb.ana.gov.br/>).

À bordo, as amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de polietileno com capacidade de 500 mL, devidamente etiquetadas e preservadas com formaldeído à 4% neutralizado com tetraborato de sódio. Em laboratório, as amostras foram fracionadas em alíquotas com um subamostrador do tipo Folsom, dada a metodologia descrita em Boltovskoy (1981). Dentre as subamostras, a fração de 1/2 foi definida para os representantes de Luciferidae, visando a maior representatividade desta família na área de estudo.

Sob um esteromicroscópio óptico, as amostras foram analisadas quali-quantitativamente até o menor nível taxonômico, com base nos trabalhos de Boltovskoy (1981), D’Incao (1997) e Vereshchaka et al. (2016). O número total de indivíduos incluiu os estágios larvais de mysis (excetuando os estágios de náuplio e protozoa), juvenis e adultos.

Análise de dados

O número de espécimes encontrados foi multiplicado pelo fator de subamostragem correspondente. A abundância das larvas foi expressa em valores de densidade como número de indivíduos por m^3 (ind./ m^3), calculado a partir da seguinte equação: $D = n/v$; onde: D = densidade absoluta de cada espécie; n = número total de larvas de cada espécie; e v = volume de água filtrada. O volume foi calculado segundo a seguinte fórmula: $v = \text{área da rede (m}^2) \times \text{diferença de dígito do fluxômetro antes e após cada arrasto} \times \text{calibração do fluxômetro (=0,33)}$.

As variáveis ambientais tiveram os pressupostos de homecedasticidade e normalidade aceitos, onde foram testados a partir dos testes de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. A comparação das variáveis entre os tipos de arrastos, meses e distância da costa foram feitas através da análise de variância (ANOVA *One Way*) e complementados com o teste de comparações múltiplas de Tukey.

Em virtude de os dados de densidade das espécies não atenderem aos critérios de normalidade e homocedasticidade, mesmo após transformações, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para averiguar as diferenças significativas das densidades de luciferídeos entre os tipos de arrastos, os meses e os locais de coleta. Nas representações gráficas, considerou-se os valores de mediana da densidade para *B. faxoni* e soma dos valores de densidades para *L. typus*, dada a baixa abundância desta última espécie.

As correlações das densidades de luciferídeos com a temperatura, a salinidade, a clorofila-*a* e a vazão foram verificadas com Correlação de *Spearman* (R). Para todas as análises o nível de significância adotado foi de 5% e os testes foram realizados através dos pacotes estatísticos BioEstat[®] 5.0 (Ayres et al., 2007) e Statistica[®] 12.7 (Statsoft, 2015).

RESULTADOS

Durante o período de estudo, a temperatura média da água foi de 27,9 °C ($\pm 0,9$ dp) com mínima de 22,9 °C e máxima de 29,85 °C variando significativamente entre as profundidades (arrastos superficiais e oblíquos), entre os meses e em relação à distância da costa (Tabela I). As maiores temperaturas foram encontradas nos locais mais próximos à costa (53 km) e sob a influência da pluma do Rio Amazonas, enquanto que os menores valores se concentraram nas maiores profundidades e nos locais mais distantes da costa (233 km) (Tabela II).

A salinidade da água variou significativamente entre as profundidades, entre os meses e em relação à distância da costa (Tabela I), com média total de 34,6 ($\pm 6,4$ dp). O valor mínimo foi de 2,54 na distância de 53 km e máximos de 37,7 a partir da distância de 83 km (Tabela II). Os valores de concentração de clorofila-*a* variaram de 0,56 a 85,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$; com média total de 8,5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ ($\pm 10,5$ dp) (Tabela II). Diferenças significativas foram encontradas para a concentração de clorofila-*a* entre as profundidades, entre os meses e entre a distância da costa, com os maiores valores registrados em locais mais costeiros e sob influência da pluma amazônica (Tabela I).

A vazão do Rio Amazonas variou significativamente entre os meses de estudo (Tabela III) com média de $19,8.10^4. \text{m}^3. \text{s}^{-1}$ ($\pm 5,7$ dp), e amplitude de variação de $11,4.10^4. \text{m}^3. \text{s}^{-1}$ (outubro de 2013) a $29,19.10^4. \text{m}^3. \text{s}^{-1}$ (maio de 2014).

Um total de 79.268 exemplares de Luciferidae foram coletados em praticamente todos os estágios de desenvolvimento (mysis, juvenil e adulto), com a ocorrência de duas espécies na PCA: *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus*. A maior densidade encontrada foi de mysis de *B. faxoni* ($116,4 \text{ ind./m}^3$) (Tabela IV).

Considerando os arrastos superficial e oblíquo, a densidade larval de mysis foi menor que de jovens e adultos de *B. faxoni*. Para ambos os estágios de desenvolvimento desta espécie, não foram encontradas diferenças significativas entre os tipos de arrastos

[$H_{(mysis)}=0,01$; $p=0,89$; $H_{(Jv/Ad)}=0,11$; $p=,74$] . *Lucifer typus* foi representado apenas por jovens e adultos e sua densidade diferiu significativamente em relação aos arrastos, quando esta espécie ocorreu unicamente no arrasto oblíquo ($H=4,15$; $p=0,04$) (Fig. 2).

Em relação aos meses, jovens e adultos de *B. faxoni* ocorreram em todos os meses ($H=7,99$; $p=0,24$) (Fig. 3) e apresentou maior densidade de mysis em maio de 2013 ($\cong 0,36 \text{ ind./m}^3$) ($H=15,6$; $p=0,01$). A densidade de *L. typus* não diferiu significativamente entre os meses ($H=6,92$; $p=0,33$) (Fig. 3), apesar dos jovens e adultos dessa espécie terem sido capturados apenas em outubro (2013), outubro (2014) e janeiro (2015) (Fig. 4).

Mysis, jovens e adultos de *B. faxoni* estiveram presentes em todos os locais, apresentando variações de sua densidade entre meses (Fig. 4). Analisando a densidade de mysis em relação à distância da costa, não foi encontrada nenhuma diferença significativa ($H=9,13$; $p=0,10$). Para jovens e adultos de *B. faxoni*, diferenças significativas foram observadas ($H=14,61$; $p=0,01$) em relação aos locais, sendo a densidade na distância de 83 km distinta daquelas coletadas nas distâncias 23 e 198 km. Enquanto que para *L. typus*, apesar de ter ocorrido apenas nas distâncias de 198 e 233 km, não apresentou diferenças significativas entre os locais ($H=8,29$; $p=0,33$).

Quando as densidades de ambas as espécies foram testadas em relação às variáveis ambientais e biótica, os estágios de desenvolvimento de *B. faxoni* (mysis, jovens e adultos) não apresentaram correlação estatisticamente significativa. Todavia, adultos e juvenis de *L. typus* correlacionam-se positivamente com a salinidade ($r=0,23$; $p=0,04$) e negativamente com as demais variáveis: temperatura, clorofila-*a* e vazão ($r=-0,31$, $r=-0,24$, $r=-0,22$; $p<0,05$; respectivamente) (Tabela V).

DISCUSSÃO

Há uma clara distinção na distribuição espacial da densidade de luciferídeos na PCA. Enquanto que *B. faxoni* distribui-se ao longo de toda a plataforma, tanto no extrato superficial quanto na coluna d'água, *L. typus* ocorre em porções neríticas mais profundas. A ausência de ocorrência dessa última espécie nos trabalhos científicos sobre zooplâncton estuarino e costeiro pode ser explicada pela utilização do método de arrasto superficial na maioria dos estudos. Dessa forma, os autores deste trabalho sugerem um cuidado especial na escolha do método de captura, quando o objetivo é inferir sobre

densidades de luciferídeos, sobretudo em áreas costeiras cujas variações nas massas de água são intensas.

O predomínio de luciferídeos em maio e outubro (menos chuvoso) corresponde aos períodos de variabilidade máxima ($\approx 2,3 \cdot 10^5 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e mínima ($\approx 0,9 \cdot 10^5 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) de descarga do Rio Amazonas, respectivamente (Curtin e Legeckis, 1986). O efeito climático na zona costeira do Pará reflete, principalmente, na variação do teor de sais das águas estuarinas, verificado entre o período chuvoso e a estiagem (Berredo et al., 2008). Dessa forma, fica evidente a relação dessas espécies com a variação de salinidade na coluna d'água ocasionada pelo regime de chuvas na região. Este padrão também foi encontrado por Costa et al. (2008), quando estudaram a distribuição nictemeral e sazonal do zooplâncton do estuário do Taperaçu no Município de Bragança (Pará, Brasil), região tropical, em que as maiores densidades de *B. faxoni* ocorreram no período chuvoso. Padrões parecidos foram encontrados em populações de luciferídeos na Baía de Ubatuba (São Paulo, Brasil), região subtropical, onde a chuva também influenciou o aumento da densidade de *B. faxoni* (Teodoro et al., 2012).

Todas as fases de desenvolvimento de *B. faxoni* foram encontradas ao longo de toda a PCA, sendo a distância de 158 km (42 m de profundidade média) o local de maior abundância desta espécie. Melo et al. (2014) registraram 92,9% de frequência de ocorrência para essa espécie quando levaram em consideração as estações neríticas na mesma região de estudo em anos sem forte influência do fenômeno El Niño. Maiores abundâncias desses crustáceos no Atlântico Ocidental indicam que existe maior concentração da espécie em áreas oligotróficas, onde a região epipelágica é dominada por águas tropicais (Marafon-Almeida et al., 2016).

Porém para *L. typus*, as distâncias de 198 e 233 km da costa, com até 57 e 80 m de profundidade, respectivamente, foram similares às profundidades já registradas na literatura nos locais de ocorrência da espécie (Bowman e McCain, 1967). No Golfo da Califórnia (México), *L. typus* teve distribuição na superfície da água e em profundidades de 50 m, limitada por isotermas de 20 a 21 °C na superfície e de 18 a 19 °C aos 50 m de profundidade (Hendrickx e Estrada-Navarrete, 1994). Baixas densidades de *L. typus* na Plataforma Continental do Amazonas tanto em amostras neríticas quanto em províncias oceânicas, com uma abundância ligeiramente maior na primeira, também foram relatadas por Melo et al. (2014).

A sobrevivência, o crescimento e a duração do tempo de desenvolvimento do plâncton são afetados por variações de fatores chaves como a temperatura, a salinidade,

a concentração de alimentos, as condições luminosas ou a presença de predadores (Morgan, 1995). Forward (1988) afirma que além dos processos oceanográficos atuantes nos oceanos, a estrutura vertical de organismos zooplanctônicos pode ser influenciada também pela drenagem continental que altera gradientes ambientais e migrações diárias. No presente estudo as flutuações nos parâmetros hidrológicos e biológico da região não tiveram influência sobre a abundância de *B. faxoni*, pois a espécie ocorreu com ampla distribuição espacial e temporal. O mesmo resultado foi encontrado por Fugimura et al. (2005) estudando as populações subtropicais de Luciferidae e Sergestidae na Baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil).

Xu (2010) caracterizou *L. typus* como uma espécie euritérmica e estenohalina, quando investigou os padrões de distribuição de quatro espécies de Luciferidae do mar da China Oriental. No presente estudo, a abundância de *L. typus* apresentou correlações com todas as variáveis ambientais: temperatura, clorofila-*a*, vazão do rio (correlações negativas) e salinidade (correlação positiva), corroborando o fato dessa espécie ser essencialmente marinha (Omori, 1992) e única com distribuição global que possui ocorrência e registros em águas com altas temperaturas, como as águas amazônicas.

Nos primeiros estágios de desenvolvimento, camarões luciferídeos alimentam-se basicamente de fitoplâncton e em seguida, tornam-se carnívoros ou onívoros (Zimmerman, 1973), com o terceiro pereiópode adaptado para a captura de outros pequenos crustáceos planctônicos (Lee et al., 1992). O tamanho reduzido e as mudanças de nicho ecológico destes camarões refletem o conjunto de sinapomorfias relacionadas a outros hábitos de alimentação e outras estratégias comportamentais (Vereshchaka et al., 2016). Dessa forma, a densidade dos camarões luciferídeos que habitam a Plataforma Continental do Amazonas e região oceânica adjacente poderiam ser melhor explicadas por outros fatores não investigados como por exemplo a disponibilidade de alimento na coluna d'água, o que gera uma perspectiva futura para investigação.

Caracterizações de populações naturais têm sido consideradas conhecimentos básicos quando consideramos a necessidade de reunir a maior quantidade de informações possíveis para a preservação de estoques naturais. Este trabalho levantou informações ecológicas sobre a distribuição dos camarões luciferídeos (nas suas diferentes formas de vida), tanto em regiões mais rasas como em áreas mais profundas da Plataforma Continental do Amazonas, e suas relações com fatores ambientais, constituindo uma importante ferramenta na caracterização das comunidades zooplânctônicas de um local único como a Amazônia, bem como servindo de subsídios

para adoção de medidas que auxiliem no gerenciamento futuro de recursos e ambientes aquáticos.

CONCLUSÕES

O presente estudo confirmou a distribuição das espécies de camarões luciferídeos em águas amazônicas no Atlântico Equatorial: *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus*. Os taxa de camarões planctônicos mais abundantes na Plataforma Continental do Amazonas apresentam diferenças quanto à distribuição espacial da densidade. Mais abundantes e distribuídos em toda a extensão da plataforma, principalmente na camada superficial da coluna d'água, *B. faxoni* é dominante ao longo do ano, enquanto que *L. typus* é restrito às águas oceânicas mais profundas e, portanto, estenohalino em relação a *B. faxoni*. Esse trabalho deixa claro o quanto o tipo de arrasto realizado interfere na captura dos luciferídeos, uma vez que *L. typus* ocorreu apenas nas amostras com arrastos oblíquos, em áreas mais profundas da PCA, sendo uma espécie fortemente influenciada pela temperatura, salinidade, clorofila-*a* e vazão do Rio Amazonas. É evidente a relação dessas espécies com a variação de salinidade na coluna d'água ocasionada pelo regime de chuvas na região da plataforma. *B. faxoni* apresentou maior densidade de mysis em maio de 2013 (0,36 ind./m³), porém jovens e adultos dessa espécie ocorreram em todos os meses. A presença de mysis, jovens e adultos de *B. faxoni* em todos os locais é indicador da plataforma continental norte brasileira ser área-berçário e de desenvolvimento de todas as fases desse crustáceo, sendo a distância de 158 km da costa (42 m de profundidade) o local de maior abundância dessa espécie.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a todos os pesquisadores e alunos que participaram das expedições na PCA, bem como aos graduandos que auxiliaram na triagem das larvas. Também somos gratas às agências de fomento brasileiras, CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPESPA (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas) pelo custeio das viagens a campo e pela bolsa de estudo para a primeira autora, respectivamente.

FINANCIAMENTO

Este trabalho é parte integrante do projeto INCT-Ambientes Marinhos Tropicais (CNPq nº 565054/2010-4), grupo 2: Variabilidade Espaço-Temporal da Diversidade e Estrutura Trófica do Ambiente Pelágico na Plataforma Continental ao Largo do Norte e Nordeste do Brasil, coordenado pelos professores Dr. Ralf Schwamborn (UFPE, Depto. de Zoologia) e Dra. Sigrid Neumann Leitão (UFPE, Depto. de Oceanografia).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L. and Santos, A. A. S. (2007) *BioEstat: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas*. Instituto do Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM/MCT/CNPq, Pará, Brasil, **Vol 5**, pp. 364.
- Barth, R. (1963) Estudos sobre *Lucifer reynaudi* como indicador de águas tropicais. *Notas Labomar*, **12**, 1-16.
- Barth, R. (1964) Observações em indicadores biológicos na Corrente do Brasil. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **36**, 217-225.
- Berrêdo, J. F., Costa, M. L. and Progene, M. P. S. (2008) Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. *Acta Amazonica*, **38**, 473-482.
- Boltovskoy, D. (1981) *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina, pp. 936.
- Bowman, T. E. and McCain, J. C. (1967) Distribution of the planktonic shrimp, *Lucifer*, in the western North Atlantic. *Bull. Mar. Sci.*, **17**, 660-671.
- Brandini, F. P., Lopes, R. M., Gutseit, K. S., Spach, H. L. and Sassi, R. (1997) *Planctologia na plataforma continental do Brasil - Diagnose e revisão bibliográfica*. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva-REVIZEE, IBAMA, Brasil, pp. 196.
- Carvalho, A. C. O., Marins, R. V., Dias, F. J. S., Rezende, C. E., Lefèvre, N., Cavalcante, M. S. and Eschrique, S. A. (2017) Air-sea CO₂ fluxes for the Brazilian northeast continental shelf in a climatic transition region. *J. Marine Syst.*, **173**, 70-80.

- Costa, K. G., Pereira, L. C. C. and Costa, R. M. (2008) Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat.*, **3**, 127-141.
- Costa, R. M., Leite, N. R., and Pereira, L. C. C. (2009) Mesozooplankton of the Curuçá Estuary (Amazon Coast, Brazil). *J. Coastal Res.*, **1**, 400-404.
- Curtin, T. B. and Legeckis, R. V. (1986) Physical observations in the plume region of the Amazon River during peak discharge. I. Surface variability. *Cont. Shelf Res.*, **6**, 31-51.
- D’Incao, F. (1997) Espécies do gênero *Lucifer* Thompson, 1829 no litoral brasileiro (Decapoda: Luciferidae). *Nauplius*, **5**, 139-145.
- Forward, R. B. (1988) Diel vertical migration: zooplankton photobiology and behaviour. *Oceanogr. Mar. Biol.*, **26**, 361-393.
- Fugimura, M. M. S., Oshiro, L. M. Y. and Silva, R. (2005) Distribuição e abundância das famílias Luciferidae e Sergestidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci.Vida*, **25**, 52-59.
- Hendrickx, M. E. and Estrada-Navarrete, F. D. (1994) Temperature related distribution of *Lucifer typus* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of California. *Rev. Biol. Trop.*, **42**, 579-584.
- Isaac, V. J. and Ferrari, S. F. (2017) Assessment and Management of the North Brazil Shelf Large Marine Ecosystem. *Environ. Dev.*, **22**, 97-110.
- Lee, W. Y., Omori, M. and Peck, R. W. (1992) Growth, reproduction and feeding behavior of the planktonic shrimp, *Lucifer faxoni* Borradaile, off the Texas Coast. *J. Plankton Res.*, **14**, 61-69.
- Lentz, S. J. (1995) The Amazon River plume during AMASSEDS: subtidal current variability and the importance of wind forcing. *J. Geophys. Res.*, **100**, 2377-2390.
- Marafon-Almeida, A., Pereira, J. B. and Fernandes, L. F. L. (2016) Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30°. *S. Braz. J. Oceanogr.*, **64**, 217-226.
- Melo, N. F. A. C., Neumann-Leitão, S., Gusmão, L. M. O., Martins-Neto, F. E. and Palheta, G. D. A. (2014) Distribution of the planktonic shrimp *Lucifer* (Thompson, 1829) (Decapoda, Sergestoidea) off the Amazon. *Braz. J. Biol.*, **74**, 45-51.
- Molleri, G. S. F., Novo, E. M. L. M. and Kampel, M. (2010) Space-time variability of the Amazon River plume based on satellite ocean color. *Cont Shelf Res.*, **30**, 342-352.
- Morgan, S. G. (1995) Life and death in the plankton: larval mortality and adaptation. In: McEdward, L. R. (Ed.), *Ecology of Marine Invertebrate Larvae*, CRC Press, Boca Raton, 279-321.

- Nittrouer, C. A., Demaster, D. J., Figueiredo, A. G. and Rine, J. M. (1991) AmasSeds: an interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. *Oceanography*, **4**, 3-7.
- Omori, M. (1992) Occurrence of two species of *Lucifer* (Dendrobranchiata: Sergestoidea: Luciferidae) of the Pacific Coast of America. *J. Crustacean Biol.*, **12**, 104-110.
- Pepin, P., Johnson, C. L., Harvey, M., Casault, B., Chassé, J., Colbourne, E. B., Galbraith, P. S., Hebert, D. et al. (2015) A multivariate evaluation of environmental effects on zooplankton community structure in the western North Atlantic. *Prog. Oceanogr.*, **134**, 197-220.
- Silva, A. C., Araujo, M. and Bourlès, B. (2010) Seasonal variability of the Amazon river plume during Revizee program. *Trop. Oceanogr.*, **38**, 76-87.
- Statsoft, Inc. (2015) *Statistica: data analysis software system*. Version 8.0. (<http://www.statsoft.com>).
- Teodoro, S. S. A., Negreiros-Fransozo, M. L., Simões, S. M., Lopes, M. and Costa, R. C. (2012) Population ecology of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Sergestoidea, Luciferidae) of the Southeastern Coast of Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, **60**, 245-253.
- Vereshchaka, A., Olesen, J. and Lunina, A. (2016) A phylogeny-based revision of the family Luciferidae (Crustacea: Decapoda). *Zool. J. Linn. Soc.*, **178**, 15-32.
- Xu, Z. L. (2010) Determining optimal temperature and salinity of *Lucifer* (Dendrobranchiata: Sergestoidea: Luciferidae) based on field data from the East China Sea. *Plankton Benthos Res.*, **5**, 136-143.
- Zimmerman, S. T. (1973) The transformation of energy by *Lucifer chacei* (Crustacea, Decapoda). *Pac. Sci.*, **27**, 247-259.

TABELAS

Tabela I. Resultados do teste Anova One-Way para as variáveis abióticas e clorofila-*a*, na PCA. Valores significativos de *p* estão destacados em negrito. DC: distância da costa.

Variáveis Ambientais	Arrastos		Mês (Ano)		DC	
	F	p	F	p	F	p
Temperatura (°C)	43,3	< 0,0001	47,7	< 0,0001	193,8	< 0,0001
Salinidade	116,8	< 0,0001	33,1	< 0,0001	337,8	< 0,0001
Clorofila- <i>a</i>	26,5	< 0,0001	30,7	< 0,0001	154	< 0,0001
Vazão ($1 \times 10^4 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	-	-	2203,9	< 0,0001	-	-

Tabela II. Estatística descritiva das variáveis ambientais (temperatura e salinidade) e biológica (clorofila-*a*) na Plataforma Continental do Amazonas com indicações em negrito dos valores mínimos e máximos de cada variável considerando toda a amostragem. DC = distância da costa em km, Mín = valor mínimo, Máx = valor máximo, DP = desvio padrão.

Variáveis Ambientais	DC	Arrasto Superficial				Arrasto Oblíquo			
		Mín	Máx	Média±	DP	Mín	Máx	Média±	DP
Temperatura (°C)	23	28,37	29,12	28,64	0,27	28,35	29,12	28,65	0,26
	53	28,37	29,85	28,97	0,48	28,08	29,85	28,72	0,37
	83	28,01	29,34	28,70	0,38	27,99	29,34	28,62	0,36
	158	27,50	28,75	28,12	0,44	27,08	28,76	28,00	0,54
	198	27,38	28,89	28,09	0,55	27,06	28,89	27,66	0,45
	233	27,64	28,59	28,13	0,28	22,96	28,59	27,22	1,10
Salinidade	23	4,94	22,22	15,02	5,79	3,57	24,93	16,73	5,97
	53	2,54	33,91	20,49	10,09	2,54	37,34	29,09	8,89
	83	6,13	37,57	29,61	10,88	6,13	37,73	34,49	5,50
	158	16,05	37,71	34,04	7,54	16,05	37,71	36,23	3,21
	198	25,71	37,66	34,80	4,14	25,71	37,69	36,77	1,45
	233	33,26	37,52	36,27	1,64	33,26	37,70	37,03	0,57
Clorofila- <i>a</i>	23	13,58	45,69	24,89	12,44	4,88	45,69	25,92	11,78
	53	14,34	85,11	38,74	24,35	7,08	85,11	19,95	17,95
	83	3,06	19,00	9,46	4,82	3,06	39,35	10,34	7,35
	158	1,62	11,82	4,72	3,27	1,62	52,76	6,44	8,17
	198	1,72	17,58	4,31	4,09	1,72	43,74	6,20	5,88
	233	0,56	5,62	3,17	1,69	0,30	36,32	4,29	3,56

Tabela III. Estatística descritiva da vazão do Rio Amazonas referentes à estação do Município de Óbidos (PA), na Plataforma Continental do Amazonas com indicações em negrito dos valores mínimos e máximos considerando toda a amostragem. Mín = valor mínimo, Máx = valor máximo, DP = desvio padrão.

Vazão ($1 \times 10^4 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)				
Mês (Ano)	Mín	Máx	Média \pm	DP
Jul (2013)	23,28	26,20	24,74	0,87
Out (2013)	11,40	15,08	13,21	1,12
Jan (2014)	14,76	16,49	15,65	0,45
Mai (2014)	28,11	29,19	28,85	0,30
Jul (2014)	25,87	27,89	26,99	0,59
Out (2014)	11,76	15,84	13,64	1,27
Jan (2015)	13,71	15,76	14,61	0,62

Tabela IV. Riqueza e densidade total (ind./m³) das espécies de camarões luciferídeos da Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015.

Espécie	Estágio de desenvolvimento	N	Densidade total
<i>Belzebub faxoni</i>	Mysis	32.704	116,4
	Juvenis e Adultos (Jv/Ad)	18.564	55,7
<i>Lucifer typus</i>	Mysis	0	0
	Juvenis e Adultos	28	0,08
Total		79.268	174,20

Tabela V. Resultados da Correlação de Spearman (R) entre a densidade (nº de indivíduos/100m³) de mysis, jovens e adultos de camarões luciferídeos e as variáveis ambientais e biótica (temperatura, salinidade, vazão e clorofila-a) com indicação em negrito quando a hipótese alternativa foi aceita (p<0,05).

Fatores/ Espécies	Mysis		Juvenis e Adultos			
	<i>B. faxoni</i>		<i>B. faxoni</i>		<i>L. typus</i>	
	R	P	R	P	R	P
Temperatura	0,13	0,26	0,13	0,27	-0,31	<0,0001
Salinidade	0,17	0,14	0,13	0,24	0,23	0,04
Clorofila-a	-0,00	0,98	0,05	0,66	-0,24	0,03
Vazão	0,08	0,46	0,04	0,73	-0,22	0,04

FIGURAS

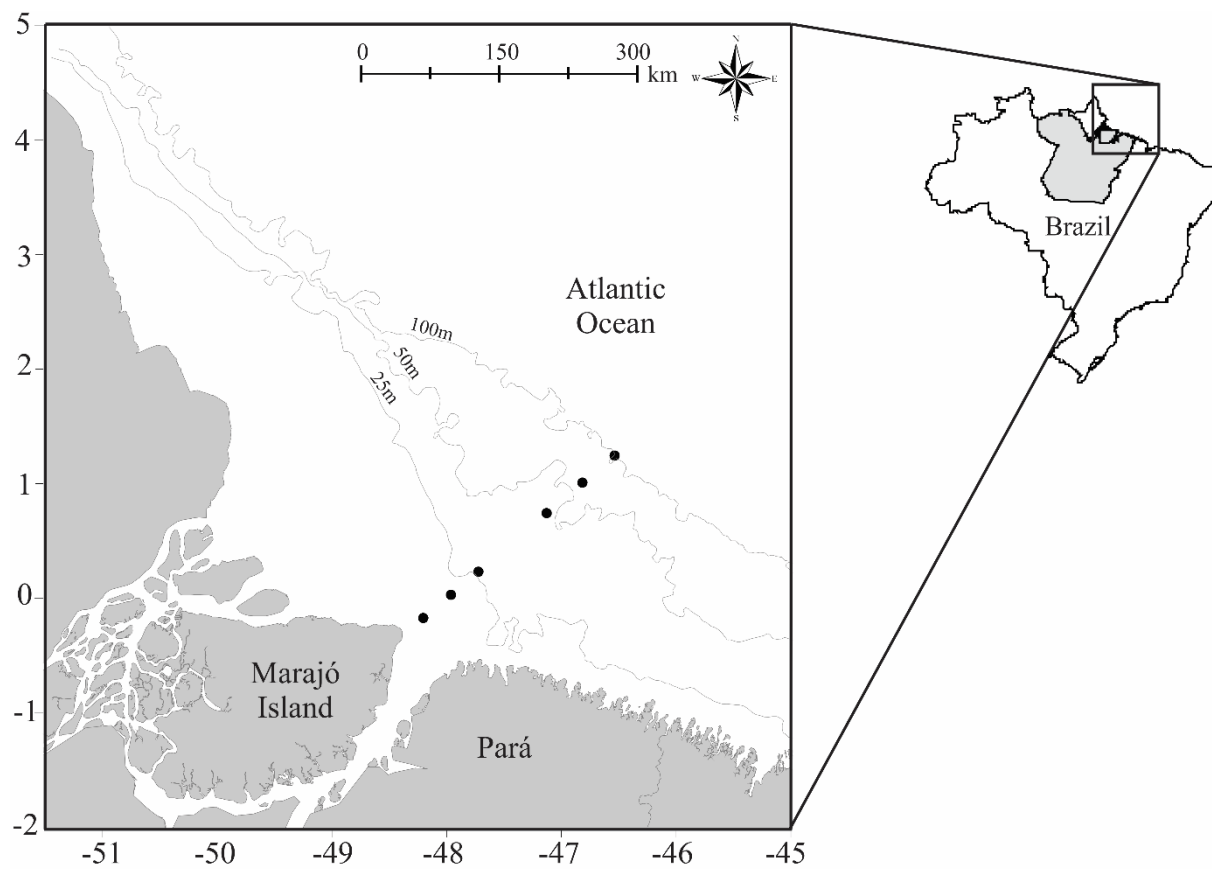


Fig. 1. Mapa da área de estudo com as indicações dos locais de coleta (círculos pretos) na Plataforma Continental do Amazonas.

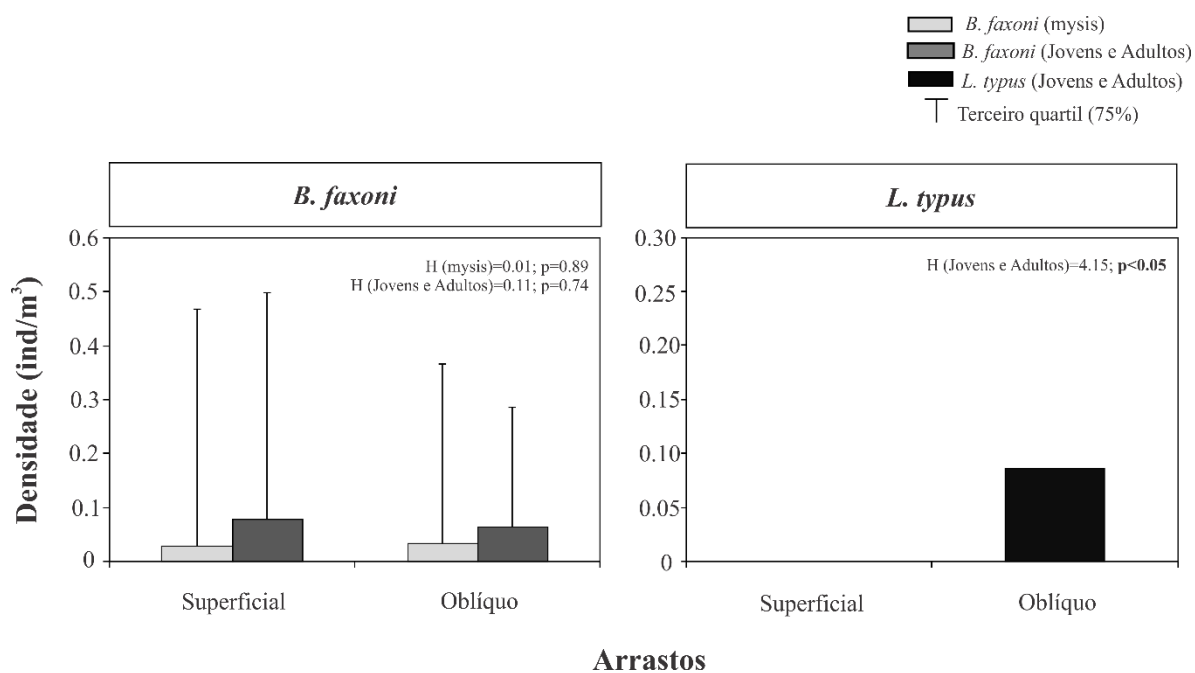


Fig. 2. Densidade das espécies de camarões luciferídeos coletadas com arrastos superficiais e oblíquos na Plataforma Continental do Amazonas, de julho de 2013 a janeiro de 2015.

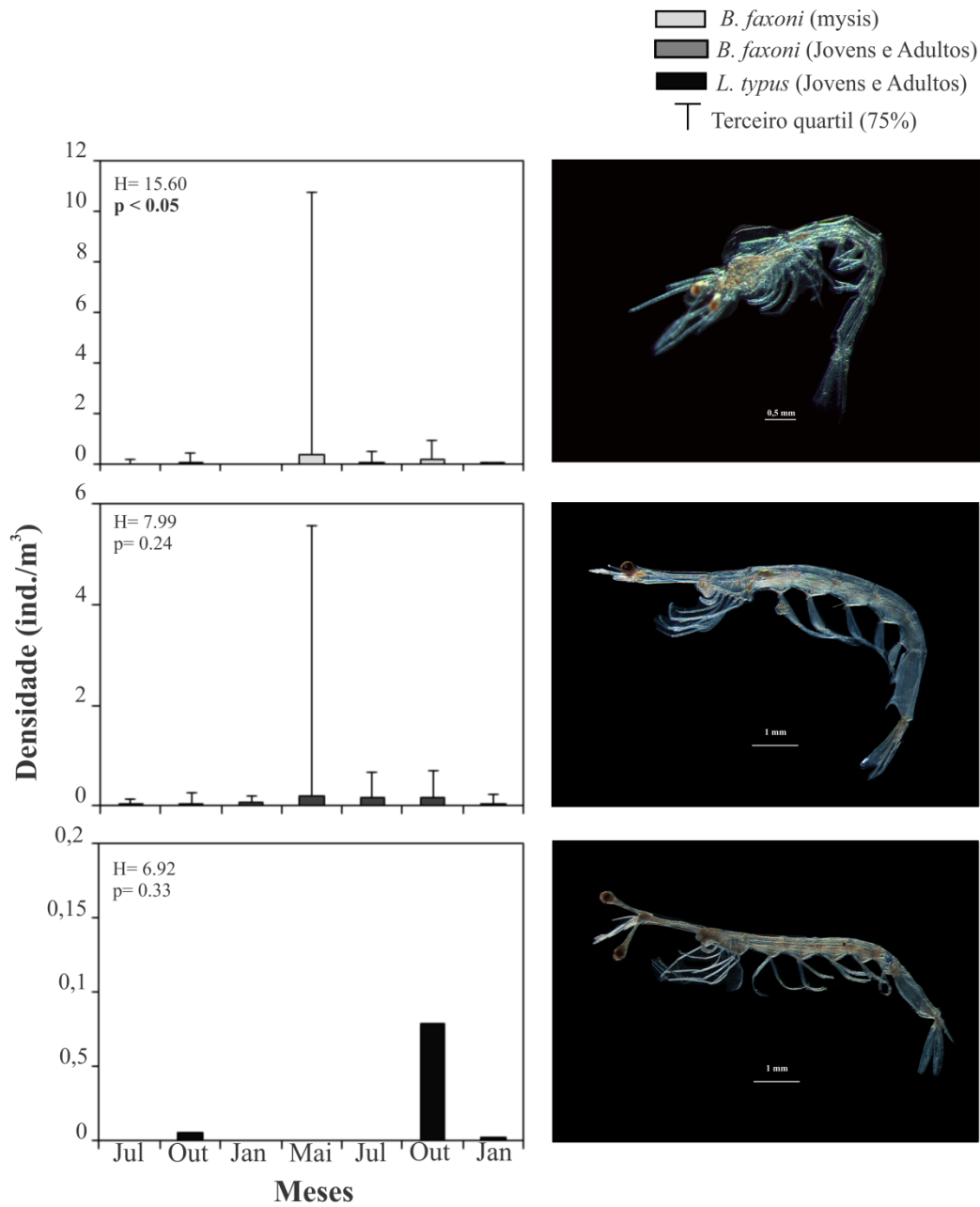


Fig. 3. Densidade das espécies de camarões luciferídeos ao longo dos meses na Plataforma Continental do Amazonas, de julho de 2013 a janeiro de 2015 (Fotos: Danielle V. Cavalcante Braga).

B. faxoni (mysis): H=9,13; p=0,10
 B. faxoni (Jovens e Adultos): H=14,61; p=<0,05
 L. typus (Jovens e Adultos): H=8,29; p=0,33
 Terceiro quartil (75%)

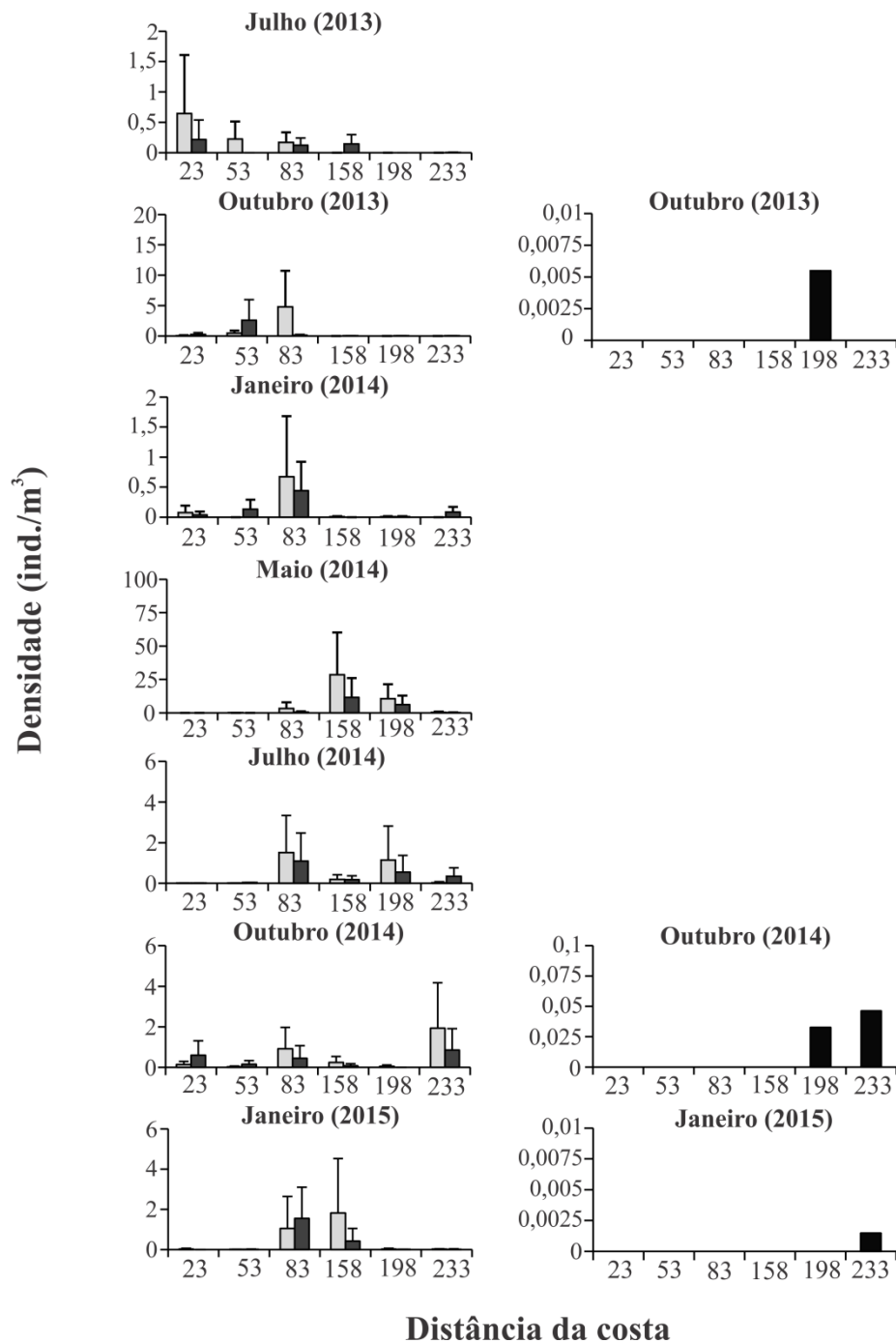


Fig. 4. Densidade das espécies de camarões luciferídeos ao longo da distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas, de julho de 2013 a janeiro de 2015.

CAPÍTULO III

ESTRUTURA POPULACIONAL E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *BELZEBUB FAXONI* (BORRADAILE, 1915) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

RESUMO

Diante da lacuna existente sobre a biologia de *Belzebub faxoni* na Amazônia, especialmente na Plataforma Continental Norte Brasileira, cuja alta complexidade do ambiente é única, este trabalho propõe investigar a estrutura populacional dessa espécie, as principais relações biométricas e pontuar aspectos importantes da reprodução deste camarão planctônico. A população de *B. faxoni* na Amazônia apresentou um padrão de distribuição bimodal e contínua em todos os meses. Diferenças significativas do comprimento do somito pré-bucal (CS) foram encontradas entre sexos, meses e entre as classes de tamanho. Todos os estágios de maturações sexuais foram encontrados na PCA, confirmando que *B. faxoni* completa todo o seu ciclo de vida na região nerítica amazônica. Camarões maduros foram encontrados em tamanho menor que o relatado para a literatura (a partir de 0,76 mm de comprimento de somito pré-bucal). A fecundidade variou de 1 a 44 ovos. Considerando que o conhecimento dos ecossistemas pelágicos da Amazônia ainda é escasso e que as mudanças climáticas mundiais podem comprometer futuramente a sobrevivência e distribuição das espécies planctônicas residentes nesses ambientes aquáticos, o presente estudo contribuiu com melhores informações a respeito da biologia populacional do camarão *B. faxoni*, servindo de subsídios para a adoção de medidas que auxiliem no gerenciamento futuro de recursos aquáticos.

Palavras-chave: Decapoda, fecundidade, Luciferidae, maturidade sexual, reprodução

INTRODUÇÃO

A Plataforma Continental do Amazonas (PCA) é um local único dadas as suas características físicas e ambientais. A descarga sólida do Rio Amazonas contribui com

importantes depósitos de sedimentos lamosos nessa região, gerando um ambiente bastante distinto de outras áreas costeiras do planeta, com um imenso mosaico de sedimentos de fundo, variando do tipo arenoso ao lamoso rico em matéria orgânica e nutrientes (Souza Filho *et al.*, 2005; Siqueira & Aprile, 2012).

Por ser uma região altamente energética submetida a uma força física resultado do regime de fluxo da Corrente Norte do Brasil e por sofrer estresses por ventos e variações de marés, a Plataforma do Norte do Brasil é um ambiente conspícuo onde recentemente foi descoberto um extenso sistema de corais e rodólitos que resultaram em uma complexa topografia de fundo duro. Embora possuam espécies associadas como esponjas, algas calcárias, lagostas, camarões, cnidários, etc., o recife de corais da plataforma do Norte do Brasil é considerado pobre em termos de biodiversidade e apresenta atributos funcionais únicos devido à influência da pluma amazônica (Moura *et al.*, 2016).

As condições hidrográficas da PCA estabelecidas pela variabilidade da pluma do Rio Amazonas criam um mosaico complexo de habitats para o desenvolvimento do zooplâncton, incluindo *Belzebub faxoni* e *Lucifer typus* (Melo *et al.*, 2014). Diante disso, é notório que a alta produtividade na PCA proporciona condições favoráveis ao crescimento e à sobrevivência de organismos zooplancônicos estuarino-dependentes que compõem a comunidade biológica residente, como por exemplo o camarão holoplanctônico *B. faxoni*.

Embora muito pequeno quando comparado a outros camarões Dendrobranchiata, *B. faxoni* possui hábitos e estratégias reprodutivas diferenciadas. O terceiro par de pereiópodes apresentam quelípodos robustos que conferiu a esta espécie, mudanças de nicho e estratégias alimentares baseadas na ingestão de pequenos crustáceos planctônicos (Vereshchaka *et al.*, 2016). Este camarão pelágico e, portanto, um importante componente do zooplâncton carnívoro em águas neríticas tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico (Vega- Pérez *et al.*, 1996; Cavalcante *et al.*, Capítulo II desta tese).

Os estudos pretéritos sobre a distribuição desta espécie relatam a ocorrência de *B. faxoni* essencialmente em águas costeiras (Bowman, 1967; Bowman & McCain, 1967; Lee *et al.*, 1992; D'Incao, 1997; Teodoro *et al.*, 2012; Teodoro *et al.*, 2014). Teodoro *et al.* (2012), sugeriram que estes camarões migram para áreas mais profundas em períodos do ano em que a salinidade sofre variações em áreas mais rasas em consequência da pluviosidade. Fêmeas desta espécie fazem migrações verticais durante

a noite, resultando em proteção da sua massa de ovos e busca de alimentos (Lee *et al.*, 1992).

Como uma importante ferramenta no estudo de diferentes grupos, a estrutura populacional permite conhecer a amplitude de tamanho alcançado pelos indivíduos de uma população, suas frequências e flutuações ao longo dos diferentes tamanhos, o que representa uma fonte de taxas contínuas de mortalidade e natalidade (Hartnoll & Bryant, 1990; Begon *et al.*, 1996). Além disso, a biologia reprodutiva dos crustáceos desempenha papel essencial no entendimento da dinâmica populacional e das estratégias de vida adotadas por esses animais (Béguer *et al.*, 2010).

Poucos são os estudos que caracterizam biologicamente populações de *B. faxoni* ao longo de todo o mundo (López, 1966; Alvarez, 1988; Lee *et al.*, 1992; Teodoro *et al.*, 2012; Teodoro *et al.*, 2014). Diante da lacuna existente sobre a biologia de *B. faxoni* na Amazônia, especialmente na PCA, cuja alta complexidade do ambiente é única, este trabalho propõe investigar a estrutura populacional de *B. faxoni*, as principais relações biométricas, e ainda pontuar aspectos importantes da reprodução deste camarão planctônico, contribuindo com o conhecimento da bioecologia da espécie no Oceano Atlântico Equatorial.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo compreende a Plataforma Continental do Amazonas-PCA (Oceano Atlântico Equatorial). Esta área corresponde à foz do Rio Amazonas no Estado do Pará e estende-se até o Cabo Orange no Amapá, onde a quebra da plataforma é marcada pela isóbata de 100 m (Nittrouer & Demaster, 1986). Com largura variável, a PCA tem mínimos de 100 km à noroeste (próximo ao Cabo Cassipore) e 150 km a sudeste do Rio Pará, e máximos de 320 km perto da desembocadura do Rio Amazonas, que é mais lisa e irregular (Gabioux *et al.*, 2005).

A descarga de água do Rio Amazonas na plataforma continental atinge aproximadamente a ordem de um trilhão de $\text{m}^3 \cdot \text{y}^{-1}$ e é responsável pela alta dinâmica local, tornando essa região a mais complexa área estuarina do mundo (Nittrouer *et al.*, 1991).

Coleta das amostras e procedimentos laboratoriais

Camarões *Belzebub faxoni* foram coletados em seis locais (Fig. 1) sob a Plataforma Continental do Amazonas e com influência da pluma do Rio Amazonas, partindo-se da Ilha do Marajó (Pará) até as proximidades do Talude Continental em um transecto perpendicular à costa. Sete (7) cruzeiros foram realizados trimestralmente nos meses de julho (2013), outubro (2013), janeiro (2014), maio (2014), julho (2014), outubro (2014) e janeiro (2015). Para a captura das amostras, um barco de pesca contendo GPS, rádio, sonda de profundidade e um guincho para auxiliar nos arrastos, foi adaptado para a pesquisa.

Com uma rede de plâncton cônico-cilíndrica de malha de 200 μm (com dois metros de comprimento e 30 cm de diâmetro de abertura da boca), arrastos oblíquos (buscando estender-se até 75 % da profundidade local) com duração de cinco (5) minutos e com velocidade em torno de dois (2) nós, foram realizados para a amostragem. Ao término de cada arrasto, as amostras foram retiradas do copo coletor e acondicionadas em frascos de polietileno, devidamente etiquetadas e preservadas em formaldeído a 4%, tamponado com tetraborato de sódio. Todo o material coletado foi armazenado e transportado ao Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos da UFPA.

Fig. 1.

Procedimentos laboratoriais

Em laboratório, os camarões foram medidos e identificados quanto ao sexo sob um estereomicroscópio óptico (ZEISS StereoDiscovery) com recursos do programa AxioVision® v4.8. As seguintes medidas foram aferidas: CT – comprimento total (medida entre a base do pedúnculo ocular e a extremidade posterior do télson), CS – comprimento do somito pré-bucal (medida do comprimento da margem anterior do labro até a base do pedúnculo ocular), CC – comprimento do cefalotórax (comprimento entre a base do pedúnculo ocular e a borda posterior do cefalotórax) e C6S – comprimento do sexto somito abdominal (Fig. 2).

Fig. 2

No presente trabalho o CC (comprimento cefalotorácico) corresponde ao comprimento da carapaça dos demais trabalhos com luciferídeos e propõe-se a

renomeação dessa medida, visto que carapaça equivale a todo o exoesqueleto quitinoso que recobre o corpo de crustáceos e não uma região em específico.

A determinação sexual foi baseada na presença do petasma (órgão copulador) no primeiro par de pleópodos em indivíduos machos, segundo as descrições de Hansen (1919), Bowman (1967), López (1966) e Bowman & McCain (1967). Os estágios de maturação gonadal foram identificados de acordo com a morfologia do petasma e adaptados de López (1966), sendo definidos três estágios de maturidade: imaturos (IM), em maturação (EM) e maturos (M) (Fig. 3). Os indivíduos que não apresentaram caracteres sexuais secundários foram identificados como juvenis.

Fig. 3

Análise de dados

Foram realizadas estatísticas descritivas das medidas de comprimento da população de *B. faxoni* (CT, CS, CC, C6S). Os espécimes foram agrupados em classes de tamanho de 0,02 mm referentes ao comprimento do somito pré-bucal (CS), e foram gerados histogramas.

Os pressupostos de homocedasticidade e normalidade para os dados de comprimentos foram atendidos e testados por Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. O teste t de Student foi empregado para averiguar diferenças significativas entre comprimentos de machos e fêmeas de *B. faxoni*.

As médias do tamanho (CS) foram comparadas entre meses e entre classes de comprimento por ANOVA um critério, seguido do teste a posteriori teste de Tukey.

A proporção sexual (machos: fêmeas) foi calculada entre os meses e entre as classes de comprimento de CS, através do teste de Qui-Quadrado (χ^2), testando a hipótese de igual proporção (1:1). Os exemplares identificados como juvenis foram retirados desta análise. O recrutamento foi observado relacionando-se a proporção de juvenis e o total de camarões capturados mensalmente.

As equações das relações morfométricas, o coeficiente de determinação e o nível de alometria entre comprimento total (CT), do cefalotórax (CC), do somito pré-bucal (CS) e do sexto somito abdominal (C6S) de *B. faxoni* foram obtidos através do modelo linear de regressão ($Y=a+b.X$). O tipo de alometria foi estabelecido pelo teste t de Student, em que os coeficientes 'b' foram comparados com o valor 1, sendo $b = 1$, isometria; $b < 1$, alometria negativa; e $b > 1$, alometria positiva.

A maturidade sexual de *B. faxoni* foi estimada através da proporção dos estágios de maturação entre os meses e entre as classes de comprimento de CS. A análise da fecundidade individual foi obtida através da contagem do número de ovos carregados por fêmea. Foram utilizadas todas as fêmeas contendo ovos aderidos nos pereiópodes, sendo os mesmos retirados e conservados em formaldeído a 4%.

A contagem dos ovos de cada fêmea ovígera foi realizada com contador manual sob estereomicroscópio óptico. Para a estimativa do volume (mm^3), todos os ovos tiveram seus diâmetros mensurados sob estereomicroscópio óptico. O volume foi estimado por: $V = (A)^2 \times 3,14 \times L/6$, onde: A= diâmetro menor do elipsóide; L= diâmetro maior do elipsóide.

Estatística descritiva dos dados de fecundidade e volume de ovos foi realizada entre as classes de CS de fêmeas. A fecundidade foi estimada através da análise de regressão linear entre o comprimento do somito pré-bucal (CS) e o número de ovos. Os dados de fecundidade e volume de ovos foram agrupados por classe de CS e testados quanto à normalidade e homocedasticidade através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Levene, respectivamente. Dados os pressupostos atendidos, foi conduzida uma análise de variância (ANOVA um critério), para verificar se existiam diferenças significativas entre esses dados e as classes de CS.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com os programas Statistica[®] 12.7 (Statsoft Inc., 2015) e Bioestat[®] 5.0 (Ayres *et al.*, 2007), adotando o nível de 95% de confiança para todos os testes.

RESULTADOS

Estrutura Populacional

No plâncton da Plataforma Continental do Amazonas foram capturados 1.745 espécimes de *B. faxoni*, sendo 83 juvenis (4,76%), 1.210 fêmeas não ovígeras (69,34%), 33 fêmeas ovígeras (1,89%) e 419 machos (24,01%).

A amplitude de variação do comprimento total (CT) foi de 2,29 a 13,63 mm, com média \pm desvio padrão de $5,40 \pm 2,32$ mm. O comprimento do cefalotórax (CC) variou de 0,31 a 5,14 mm com média de $1,79 \pm 0,75$ mm. O comprimento do somito pré-bucal (CS) apresentou amplitude de variação de 0,2 a 2,22 mm com valor médio de $0,84 \pm 0,40$ mm. O comprimento do sexto somito abdominal (C6S) apresentou o tamanho mínimo de 0,36 mm e máximo de 2,39 mm (média de $0,93 \pm 0,42$) (Tabela 1).

Tabela 1

Tanto machos quanto fêmeas diferiram significativamente em relação às medidas de comprimentos realizadas ($t_{CT} = -13,14$; $t_{CC} = -12,02$; $t_{CS} = -11,87$; $t_{C6S} = -13,01$; todas com $p < 0,0001$; respectivamente).

As médias do tamanho (CS) de *B. faxoni* diferiram significativamente em relação aos meses ($F=28,88$, $p < 0,0001$), com distribuição de frequência por classes de tamanho sendo predominantemente bimodal. Camarões juvenis ocorreram em todos os meses, sendo predominantes em outubro (2013 e 2014), maio (2014) e julho (2014). Fêmeas foram significativamente mais abundantes que machos em todas as classes de CS ($F=155,4$; $p < 0,0001$) com a ocorrência de fêmeas ovígeras a partir da classe de 1,2 mm (Fig. 4).

Fig. 4

Proporção sexual

A razão sexual total entre machos e fêmeas diferiu significativamente do esperado (1:1) ($\chi^2 = 408,5$, $p < 0,0001$). Com exceção de janeiro de 2014 ($\chi^2 = 0,64$, $p = 0,52$), em todos os demais meses a proporção sexual diferiu significativamente, com predominância de fêmeas (Tabela 2, Fig. 5).

Tabela 2

Fig. 5

Quando observadas em relação às classes de tamanho de CS, diferenças significativas da razão sexual foram encontradas em praticamente todas as classes de comprimento. A classe que corresponde 1,2 a 1,4 mm foi a única cuja proporção sexual não diferiu do esperado ($\chi^2 = 1,25$, $p = 0,30$) (Tabela 3).

Tabela 3

Relações morfométricas

As equações das relações morfométricas, o coeficiente de determinação e o nível de alometria entre comprimento total (CT), do cefalotórax (CC), do somito pré-bucal (CS) e do sexto somito abdominal (C6S) de *B. faxoni* estão apresentadas na Tabela 4. Todas as relações estudadas foram alométricas negativas para fêmeas, machos e sexos agrupados.

Tabela 4

Por apresentar um padrão similar em relação ao coeficiente de determinação, a relação C6S *versus* CT melhor descreveu o crescimento relativo e foi utilizada para estimar a maturidade sexual morfológica. Machos de *B. faxoni* estavam maduros morfológicamente com 1,39 mm de C6S e fêmeas com 1,37 mm (Fig. 6).

Fig. 6

Reprodução

O estágio de maturação definido a partir da morfologia do petasma dos 418 machos, revelou que 43,3% eram imaturos, 23,7% estavam em estágio de maturação gonadal e 33% eram maduros. Camarões em todos os estágios gonadais foram encontrados durante os meses. Todavia, indivíduos maduros foram mais frequentes em maio (2014), quando houve um pico reprodutivo desta espécie na região amazônica (Fig. 7A).

Fig. 7

Machos imaturos foram frequentes até o comprimento de 1,57 mm de CS. Camarões em maturação ocorreram entre os tamanhos de 0,46 a 1,52 mm de CS. Machos maduros foram frequentes acima de 0,76 mm de CS (Figura 7B).

A fecundidade de *B. faxoni* baseou-se em 33 fêmeas ovígeras, cujos tamanhos variaram de 1,40 a 2,21 mm de CS. A média do número de ovos encontrados foi de $9,29 \pm 10,3$, com o mínimo de 1 ovo e máximo de 44 ovos para cada fêmea ovígera. O volume médio total dos ovos de *B. faxoni* foi de $0,003 \text{ m}^3 \pm 0,0005 \text{ mm}^3$ por fêmea e os volumes mínimo e máximo foram de $0,0026 \text{ mm}^3$ e $0,0050 \text{ mm}^3$, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5

As relações: fecundidade *versus* CS e volume de ovo *versus* CS foram expressas pelas equações: $F = -28,77 + 22,59 \cdot CS$ com $R^2 = 0,16$ e $V = 0,0036 + 0,0001 \cdot CS$ com $R^2 = 0,0023$, com $P < 0,05$ e $P = 0,76$ respectivamente; onde: F= fecundidade, V= volume total e R^2 = coeficiente de correlação linear.

A fecundidade teve correlação significativa com o comprimento do somito pré-bucal (CS) ($F = 6,01$; $p < 0,05$) (Figura 8A), ou seja, à medida que aumenta o comprimento do somito pré-bucal aumenta o número de ovos. O volume médio dos

ovos não apresentou nenhuma correlação significativa com o CS ($F=0,09$; $p=0,76$) (Figura 8B).

Fig. 8

DISCUSSÃO

Os processos físicos que operam na Plataforma Continental do Amazonas (PCA) influenciam fortemente o transporte de sedimentos e nutrientes sob a plataforma. As variações nos sistemas de drenagens são responsáveis pelas mudanças na salinidade e em outras propriedades físico-químicas na pluma do Rio Amazonas, influenciando a distribuição e a abundância dos recursos vivos nesta área (Geyer *et al.*, 1991; Nittrouer & DeMaster, 1996), incluindo os camarões planctônicos luciferídeos (Melo *et al.*, 2014; Cavalcante- Braga *et al.*, Capítulo 1 desta tese).

No geral, a população de *B. faxoni* na Amazônia teve um padrão de distribuição bimodal, frequente e contínua em todos os meses. Todavia, é possível identificar claramente um aumento populacional quando janeiro (2014-2015) e julho (2013-2014) são comparados, resultado da presença do fenômeno El Niño neste período. Neste fenômeno, a Zona de Convergência Intertropical avança para o Norte e consequentemente diminui o regime de chuvas na região, afetando diretamente a temperatura da água na plataforma. Foley *et al.* (2002), afirmou que as mudanças climáticas ocasionadas pelos El Niño/Oscilação Sul (ENOS), afetam a ecologia e a dinâmica de águas continentais nas bacias amazônicas, alterando o fluxo de carbono líquido para a atmosfera, as planícies de inundações das florestas e as descargas hídricas na zona costeira amazônica. Assim, a diminuição da salinidade ocasionada nesse período explica a distribuição da espécie ao longo da PCA.

Indivíduos jovens foram capturados em todos os meses, comprovando que a PCA é uma local de recrutamento juvenil da população. A alta produtividade das águas estuarinas proporciona às comunidades biológicas residentes e estuarino-dependentes condições favoráveis à sobrevivência e ao crescimento de larvas e indivíduos jovens sendo, portanto, denominadas áreas-berçários (Laegdsgaard & Johnson, 2000).

Diferenças significativas do comprimento do somito pré-bucal (CS) foram encontradas entre sexos, meses e entre as classes de tamanho, podendo ser explicadas pelo fato de fêmeas terem sido mais abundantes que os machos em todo o período de estudo. A predominância de fêmeas em praticamente todos os meses e na maioria das

classes de CS, corrobora com os trabalhos de López (1966) em populações de Cananéia (São Paulo, Brasil), de Teodoro *et al.* (2014) em Ubatuba (São Paulo, Brasil) e com Marafon-Almeida *et al.* (2016) que relataram o mesmo padrão para populações de *B. faxoni* na porção subtropical do Atlântico Sul (entre Brasil e África). A única exceção foi reportada Alvarez (1985), que encontrou proporções sexuais a favor dos machos na região do Largo de Santos (região costeira de São Paulo).

Fêmeas desta espécie fazem migrações verticais durante a noite para fugir de predadores, proteger sua massa de ovos e forragear (Lee *et al.*, 1992). Apesar dessa informação, não podemos atribuir as maiores proporções de fêmeas ao fotoperíodo, pois durante as amostragens, as capturas zooplancônicas na PCA ocorreram tanto durante o dia quanto a noite. Contudo, dadas às características conspícuas deste ambiente pelágico que possui renovações nutritivas a partir das descargas dos rios e em geral é estratificado e oligotrófico, presume-se que as altas frequências de fêmeas nesse estudo estejam intimamente ligadas às necessidades migratórias da espécie em águas turvas da plataforma amazônica, explicando o sucesso reprodutivo dessa espécie na região.

Mudanças morfológicas e fisiológicas em crustáceos são facilmente identificadas durante o desenvolvimento larval e nas metamorfoses, podendo ocorrer tardiamente e especialmente quando os indivíduos alcançam a maturidade sexual (Hartnoll, 2001; Anger, 2006), quando no momento de transição juvenil-adulto ocorre o aparecimento dos caracteres sexuais secundários (Hartnoll, 1978).

O crescimento alométrico negativo encontrado nas relações entre comprimentos para machos, fêmeas e sexos agrupados de *B. faxoni* revelaram que esses camarões crescem em proporções relativamente maiores que a deposição de massa corpórea. A relação morfométrica que melhor estimou a maturidade sexual morfológica em *B. faxoni* na PCA foi o comprimento do sexto somito abdominal (C6S) *versus* comprimento total, corroborando com Teodoro *et al.* (2014), quando estudaram a população da mesma espécie no litoral norte do Estado de São Paulo. Por ser um excelente predador e precisar suportar as variações hidrológicas e os regimes de marés na PCA, essa estrutura corporal (C6S) pode explicar os mecanismos natatórios e de locomoção da espécie e sua distribuição em águas neríticas amazônicas.

Em ambientes tropicais e subtropicais, a reprodução de crustáceos costuma ser contínua com picos reprodutivos em períodos com altas temperaturas, sendo este o padrão para a maioria desses animais (Koettker & Freire, 2006). Todos os estágios de maturações sexuais foram encontrados na PCA, confirmando que *B. faxoni* completa

todo o seu ciclo de vida na região nerítica amazônica. A maior frequência de camarões maduros ocorreu em maio (2014), o que indica que este tenha sido o mês de pico reprodutivo dessa espécie na Plataforma do Norte do Brasil. Densidades significativas foram encontradas para juvenis e adultos de *B. faxoni* no período do ano com maiores índices pluviométricos na região e de vazão máxima do Rio Amazonas sob a PCA (Cavalcante-Braga *et al.*, Capítulo 1 desta tese).

Neste estudo, camarões maduros foram encontrados a partir de 0,76 mm de comprimento de somito pré-bucal, contrapondo o que já foi relatado na literatura. López (1966) relatou maturidade em machos com tamanho igual ou superior a 1,18 mm de CS em Cananéia (São Paulo, Brasil), Alvarez (1988) relatou machos maduros a partir de 0,98 mm de CS no Largo de Santos (São Paulo, Brasil) e Teodoro *et al.* (2014) na Baía de Ubatuba (São Paulo, Brasil), encontrou tamanho mínimo de 0,93 mm de CS para esse estágio de maturidade sexual. Dessa forma, fica evidente que a dinâmica na plataforma com influência da pluma do rio tem efeitos diferenciados sob a população desse camarão planctônico quando comparadas à outras populações de águas subtropicais.

Belzebug faxoni completa todas as fases do desenvolvimento, chegando a fase adulta em aproximadamente 30-40 dias, onde sua estratégia de vida caracteriza-se por um desenvolvimento larval rápido, curta vida adulta, desova múltipla e proteção dos ovos até a eclosão da larva (Lee *et al.*, 1992). Fêmeas ovígeras de *B. faxoni* perdem seus ovos muito facilmente tanto no momento da captura dos espécimes quanto no processo de fixação das amostras (López, 1966), pois nesses camarões a massa de ovos só permanece aderida ao corpo do animal por uma substância fina e adesiva encontrada na membrana dos ovos (Lee *et al.*, 1992). As fêmeas ovígeras capturadas na PCA carregaram entre 1 a 44 ovos, sendo as menores quantidades explicadas pelo fato de que nesses camarões os ovos ficam aderidos na base do terceiro par de pereiópodes e não nos pleópodes, como na maioria dos camarões com cuidado parental, ficando expostos e suscetíveis à perdas.

Dada a ausência de informações sobre fecundidade em populações naturais de camarões luciferídeos, este trabalho propôs a relação da fecundidade com o tamanho corporal de *B. faxoni*. Para essa espécie, houveram correlações significativas do número de ovos carregados com o tamanho do somito pré-bucal de fêmeas, indicando que quanto maior o tamanho corporal desse animal, maior é a quantidade de ovos produzida. Lee *et al.* (1992) ressaltam que nos Luciferidae o quarto e o quinto par de pereiópodes

estão ausentes, contribuindo para que a massa de ovos ocupe o espaço considerável no pequeno corpo desse camarão planctônico, sugerindo que isso tenha sido uma adaptação corporal que garantiu o sucesso de luciferídeos.

Considerando que o conhecimento dos ecossistemas pelágicos da Amazônia ainda é escasso e que as mudanças climáticas mundiais podem comprometer futuramente a sobrevivência e distribuição das espécies planctônicas residentes nesses ambientes aquáticos, o presente estudo contribuiu com melhores informações a respeito da biologia populacional do camarão *B. faxoni*, que embora tenha tamanho diminuto, são imprescindíveis na cadeia trófica aquática e respondem claramente às variações da dinâmica na Plataforma Continental Amazônica.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à agência brasileira de fomento CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por viabilizar o grande projeto INCT-Ambientes Marinhos Tropicais (CNPq nº 565054/2010-4), grupo 2: Variabilidade Espaço-Temporal da Diversidade e Estrutura Trófica do Ambiente Pelágico na Plataforma Continental ao Largo do Norte e Nordeste do Brasil. Agradecemos aos professores Dr. Nuno Melo e Dr. Eduardo Paes e suas equipes, pelo comprometimento e dedicação durante os cruzeiros e também a todos os graduandos envolvidos no processamento das amostras. A primeira autora agradece ainda a FAPESPA (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas) pela concessão da bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

- Alvarez, M.P.J. 1985. Migração vertical de *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea- Decapoda) nas águas ao largo de Santos, Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, **9**: 177-193.
- Alvarez, M.P.J. 1988. Estudo de *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Decapoda, Sergestidae) através das medidas do somito pré-bucal. *Revista Brasileira de Zoologia*, **5**(3): 371-379.
- Anger, K. 2006. Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebrate Reproduction and Development*, **49** (3): 175-205.

- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D.L. & Santos, A.A.S. 2007. BioEstat: *Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas*. Belém, Pará, Brasil, Vol 5, Pp. 364.
- Begon, M., Mortimer, M. & Thompson, D.J. 1996. *Population ecology: A unified study of animals and plants*. 3^a ed. London, Blackwell Science, Pp. 204.
- Béguier, M., Bergé, J., Girardin, M. & Boet, P. 2010. Reproductive Biology of *Palaemon longirostris* (Decapoda: Palaemonidae) from Gironde estuary (France), with a comparison with other european populations. *Journal of Crustacean Biology*, **30**(2): 175-185.
- Borradaile, L.A. 1915. On the species of *Lucifer* and their distribution. *Annals and Magazine of Natural History*, **16**(8): 226-231.
- Bowman, T.E. 1967. The planktonic shrimp, *Lucifer chacei* sp. nov, the Pacific twin of the Atlantic *Lucifer faxoni*. *Pacific Science*, **21**(2): 266-271.
- Bowman, T.E. & McCain, J.C. 1967. Distribution of planktonic shrimp, *Lucifer* in the western North Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, **17**(3): 660-671.
- Cavalcante, D.C., Silva, L.S & Martinelli-Lemos J.M. 2017. Variação espacial e sazonal da família Luciferidae na Plataforma Continental do Amazonas. *Journal of Plankton Research*, (Capítulo 1 desta tese).
- D'incao, F. 1997. Espécies do gênero *Lucifer* Thompson, 1829 no litoral brasileiro (Decapoda: Luciferidae). *Nauplius*, **5**(2): 139-145.
- Foley, J.A., Botta, A. & Coe, M.T. El Niño–Southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*, **16**(4): 1-17.
- Gabioux, M., Vinzon, S.B. & Paiva, A.M. 2005. Tidal propagation over fluid mud layers on the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, **25**: 113-125.
- Geyer, W.R., Beardsley, R.C., Candela, J., Castro, B.M., Legeckis, R.V., Lentz, S.J., Limeburner, R., Miranda, L.B. & Trowbridge, J.H. 1991. The Physical Oceanography of the Amazon Outflow. *Oceanography*, **4**(1): 8-4.
- Hansen, H.J. 1919. The Sergestidae of the Siboga Expedition. *Siboga Exped*, **38**: 48-65.
- Hartnoll, R.G. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana, Leiden*, **34**(3): 281-293.
- Hartnoll, R.G. & Bryant, A.D. 1990. Size-frequency distributions in Decapod Crustacea- The quick, the dead, and the castoffs. *Journal of Crustacean Biology*, **10**(1): 14-19.
- Hartnoll, R.G. 2001. Growth in Crustacea - twenty years on. *Hydrobiologia*, **449**: 111-122.

- Koettker, A.G.E. & Freire, A.S. 2006. Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, **96**(1): 31-39.
- Laegdsgaard, P. & Johnson, C. 2000. Why do juveniles fish utilize mangrove habitats? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **257**(2): 229-253.
- Lee, W.Y., Omori, M. & Peck, R.W. 1992. Growth, reproduction and feeding behavior of the planktonic shrimp, *Lucifer faxoni* Borradaile, off the Texas Coast. *Journal of Plankton Research*, **14**(1): 61-69.
- López, M.T. 1966. Biología de *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915, em Cananéia, Brasil (Crustacea, Decapoda, Luciferidae). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, **15**(1): 47-54.
- Marafon-Almeida, A., Pereira, J.B. & Fernandes, L.F.L. 2016. Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30° S. *Brazilian Journal of Oceanography*, **64**(3): 217-22.
- Melo, N.F.A.C., Neumann-Leitão, S., Gusmão, L.M.O., Martins-Neto, F.E. & Palheta, G.D.A. 2014. Distribution of the planktonic shrimp *Lucifer* (Thompson, 1829) (Decapoda, Sergestoidea) off the Amazon. *Brazilian Journal Biology*, **74**(3): 45-51.
- Moura, R.L., Amado-Filho, G.M., Moraes, F.C., Brasileiro, P.S., Salomon, P.S., Mahiques, M.M., Bastos, A.C., Almeida, M.G., Silva, J.M., Araújo, B.F., Brito, F.P., Rangel, T.P., Oliveira, B.C.V., Bahia, R.G., Paranhos, R.P., Dias, R.J.S., Siegle, E., Figueiredo, A.G.JR., Pereira, R.C., Leal, C.V., Hadju, E., Asp, N.E., Gregoracci, G.B., Neumann-Leitão, S., Yager, P.L., Francini-Filho, R.B., Fróes, A., Campeão, M., Silva, B.S., Moreira, A.P.B., Oliveira, L., Soares, A.C., Araujo, L., Oliveira, N.L., Teixeira, J.B., Valle, R.A.B., Thompson, C.C., Rezende, C.E. & Thompson, F.L. 2016. An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances*, **2**(4): e1501252-e1501252.
- Nittrouer, C.A., Demaster, D.J., Figueiredo, A.G. & Rine, J.M. 1991. AMASSEDS: an interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. *Oceanography*, **4**: 3-7.
- Nittrouer, C.A. & Demaster, D.J. 1996. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*, **16**: 553-57.
- Siqueira, G.W. & Aprile, F.M. 2012. Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica-Brasil. *Acta Amazonica*, **42**(2): 259-268.

- Souza Filho, P.W.M., Gonçalves, F.D., Beisel, C.H., Miranda, F.P., Almeida, E.F. & Cunha, E.R. 2005. Sistema de observação costeira e o papel dos sensores remotos no monitoramento da costa norte brasileira, Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, **57**(2): 79-86.
- Statsoft, Inc. 2015. Statistica: data analysis software system. Version 12.7. (<http://www.statsoft.com>).
- Teodoro, S.S.A., Negreiros-Fransozo, M.L., Simões, S.M., Lopes, M. & Costa, R.C. 2012. Population Ecology of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Sergestoidea, Luciferidae) of the Southeastern Coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **60**(2): 245-253.
- Teodoro, S.S.A., Pantaleão, J.A.F., Negreiros-Fransozo, M.L. & Costa, R.C. 2014. Ecological aspects and sexual maturity of a Southwestern Atlantic population of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* (Decapoda: Sergestoidea). *Journal of Crustacean Biology*, **34**(4) 422-430.
- Vega-Pérez, L.A., Ara, K., Liang, T.H. & Pedreira, M.M. 1996. Feeding of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea: Decapoda) in the laboratory. *Revista Brasileira de Oceanografia*, **44**(1): 1-8.
- Vereshchaka, A., Olesen, J. & Lunina, A. 2016. A phylogeny-based revision of the family Luciferidae (Crustacea: Decapoda). *Zoological Journal of the Linnean Society*, **178**: 15-32.

TABELAS

Tabela 1. Estatística descritiva do número de indivíduos de *B. faxoni* na PCA, com mínimo (Mín), máximo (Máx), média e desvio padrão (DP) do comprimento total (CT), do comprimento do cefalotórax (CC), do comprimento do somito pré-bucal (CS) e do comprimento do sexto somito abdominal (C6S), para juvenis (J), fêmeas não ovígeras (F), fêmeas ovígeras (FO) e machos (M).

Grupo	CT (mm)			CC (mm)			CS (mm)			C6S (mm)			Total
	Mín	Máx	Média ±DP	Mín	Máx	Média ±DP	Mín	Máx	Média ±DP	Mín	Máx	Média ±DP	
J	2,43	3,86	3,00 ±0,30	0,6	1,52	0,97 ±0,13	0,2	0,6	0,34 ±0,07	0,36	0,64	0,51 ±0,05	83
F	2,29	13,63	4,98 ±2,10	0,31	4,58	1,67 ±0,70	0,27	2,22	0,79 ±0,39	0,37	2,39	0,85 ±0,37	1210
FO	7,47	12,96	10,11 ±1,08	2,35	5,14	3,34 ±0,47	1,2	2,1	1,65 ±0,18	1,23	2,33	1,78 ±0,21	33
M	2,83	13,55	6,76 ±2,14	0,83	4,05	2,17 ±0,63	0,37	1,85	1,04 ±0,31	0,41	2,37	1,17 ±0,40	419
Total	2,29	13,63	5,40 ±2,32	0,31	5,14	1,79 ±0,75	0,2	2,22	0,84 ±0,40	0,36	2,39	0,93 ±0,42	1745

Tabela 2. Número de machos (M), fêmeas (F) e proporção sexual ($\text{♂}:\text{♀}$) de *B. faxoni* capturados de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas, χ^2 = teste de Qui-Quadrado.

Mês/Ano	M	F	$\text{♂}:\text{♀}$	χ^2	<i>p</i> valor
Julho/2013	5	36	1: 7,2	23,43	< 0,0001
Outubro/2013	84	215	1: 2,56	57,39	< 0,0001
Janeiro/2014	17	22	1: 1,29	0,64	0,52
Maior/2014	113	315	1: 2,79	95,34	< 0,0001
Julho/2014	49	245	1: 8,45	130,67	< 0,0001
Outubro/2014	72	239	1: 3,32	89,67	< 0,0001
Janeiro/2015	79	171	1: 2,16	33,86	< 0,0001
Total	419	1243	1: 2,96	408,5	< 0,0001

Tabela 3. Número de machos (M), fêmeas (F) e proporção sexual ($\text{♂}:\text{♀}$) por classe de tamanho do somito pré-bucal (CS) de *B. faxoni* capturados na Plataforma Continental do Amazonas. χ^2 = teste de Qui-quadrado.

Classes de CS (mm)	M	F	$\text{♂}:\text{♀}$	χ^2	<i>p</i> valor
0.2+0.4	3	151	1: 50,33	142,23	< 0,0001
0.4+0.6	32	335	1: 10,47	250,16	< 0,0001
0.6+0.8	57	242	1: 4,25	114,46	< 0,0001
0.8+1.0	109	151	1: 1,38	6,78	0,01
1.0+1.2	95	138	1: 1,45	7,93	0,005
1.2+1.4	61	74	1: 1,21	1,25	0,30
1.4+1.6	37	72	1: 1,95	11,23	0,001
1.6+1.8	20	51	1: 2,55	13,53	0,0004
1.8+2.0	4	20	1: 5	10,66	0,002
2.0+2.2	0	5	-	-	-
2.2+2.4	0	2	-	-	-

Tabela 4. Equações para as relações entre comprimentos de *B. faxoni* coletados na Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015. Y = variável dependente; X = variável independente; a = intersecção da reta em Y; b = ângulo de inclinação da reta e coeficiente de alometria; R² = coeficiente de determinação; A = alometria: - (alometria negativa); CT= comprimento total; CC= comprimento do cefalotórax; CS= comprimento do somito pré-bucal; C6S= comprimento do sexto somito abdominal.

Relação morfométrica	Grupos	Y=a+b.X	R ²	A
CS/CT	Machos	CS= 0,13+0,13.CT	0,83	-
	Fêmeas	CS= -0,09+0,17.CT	0,93	-
	Total	CS= -0,06+0,16.CT	0,91	-
CS/CC	Machos	CS=0,03+0,47.CC	0,87	-
	Fêmeas	CS=-0,10+0,53.CC	0,92	-
	Total	CS= -0,04+0,51.CC	0,83	-
C6S/CT	Machos	C6S= -0,08+0,13.CT	0,94	-
	Fêmeas	C6S= -0,01+0,17.CT	0,96	-
	Total	C6S= -0,03+0,17.CT	0,96	-
C6S/CC	Machos	C6S= -0,14+0,60.CC	0,88	-
	Fêmeas	C6S= -0,007+0,51.CC	0,93	-
	Total	C6S= -0,04+0,54.CC	0,92	-
CC/CT	Machos	CC= 0,25+0,28.CT	0,92	-
	Fêmeas	CC= 0,04+0,32.CT	0,95	-
	Total	CC= 0,10+0,31.CT	0,95	-

Tabela 5. Estatística descritiva da fecundidade e do volume de ovos por classe de comprimento do somito pré-bucal (CS) de *B. faxoni* coletados de julho de 2013 a janeiro de 2015, na Plataforma Continental do Amazonas.

Classes CS (mm)	Fecundidade				Volume (mm ³)			
	Mínimo	Máximo	Média±	DP	Mínimo	Máximo	Média±	DP
1,4f1,5	1	17	6,80	6,1	0,0030	0,0044	0,0038	0,0005
1,5f1,6	1	3	2,20	1,1	0,0032	0,0045	0,0039	0,0005
1,6f1,7	1	8	3,56	2,6	0,0026	0,0044	0,0037	0,0005
1,7f1,8	1	26	13,75	9,9	0,0033	0,0045	0,0040	0,0004
1,8f1,9	13	44	24,67	16,9	0,0032	0,0043	0,0038	0,0005
1,9f2,0	2	28	15,00	18,4	0,0037	0,0040	0,0038	0,0002
2,1f2,2	3	3	3,00	-	0,0050	0,0050	0,0050	-
2,2f2,3	22	22	22,00	-	0,0029	0,0029	0,0029	-

FIGURAS

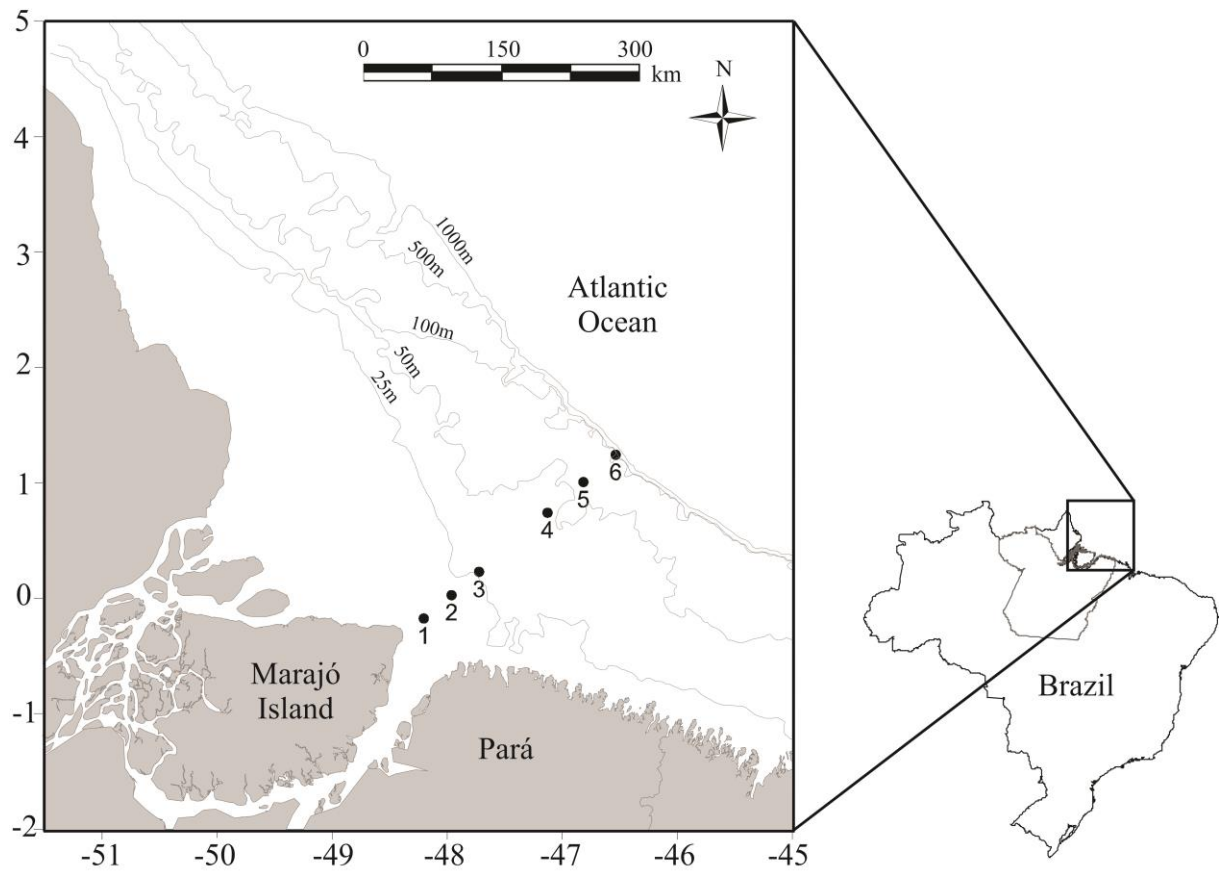


Fig. 1. Mapa da Costa Norte do Brasil, com indicações dos locais de coleta (círculos pretos) na Plataforma Continental do Amazonas.

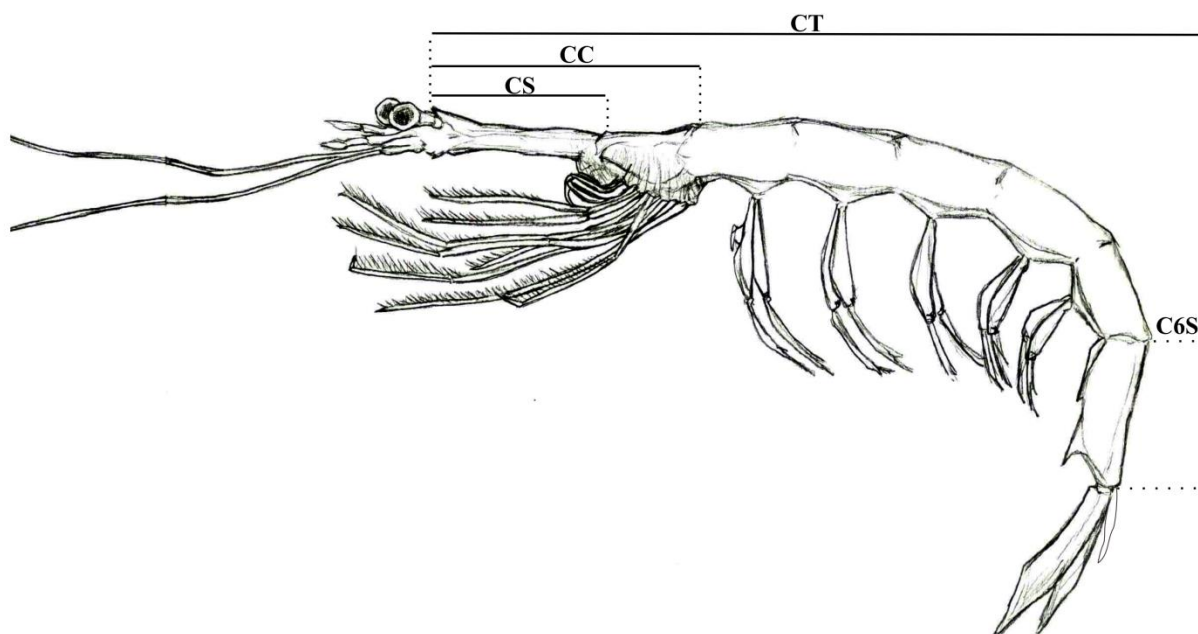


Fig. 2. Variáveis morfométricas mensuradas em *B. faxoni* (CT: comprimento total; CS: comprimento do somito pré-bucal; CC: comprimento do cefalotórax; C6S: comprimento do sexto somito abdominal), coletados na Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015 (Desenho: Paulo Goulart).

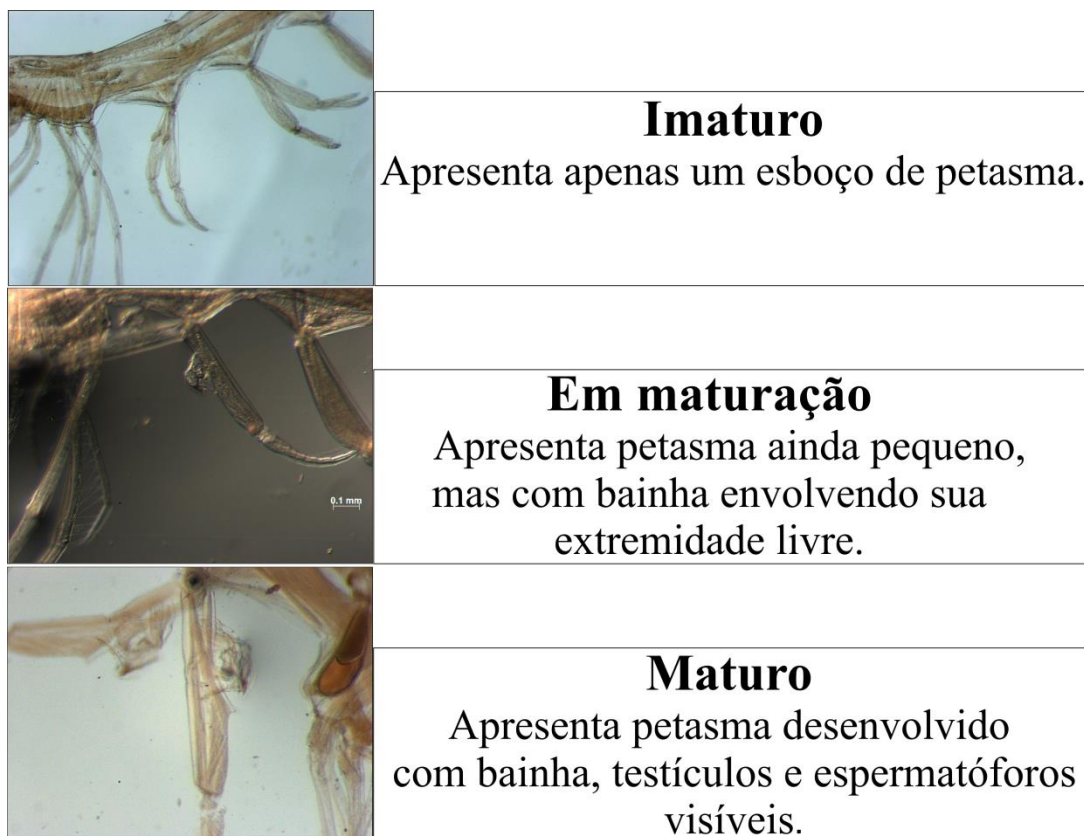


Fig. 3. Estágios de maturação gonadal de machos de *B. faxoni* coletados na Plataforma Continental do Amazonas de julho de 2013 a janeiro de 2015, baseados em López (1966) (Fotos: Danielle V. Cavalcante Braga).

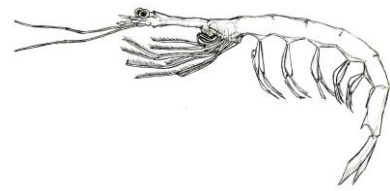
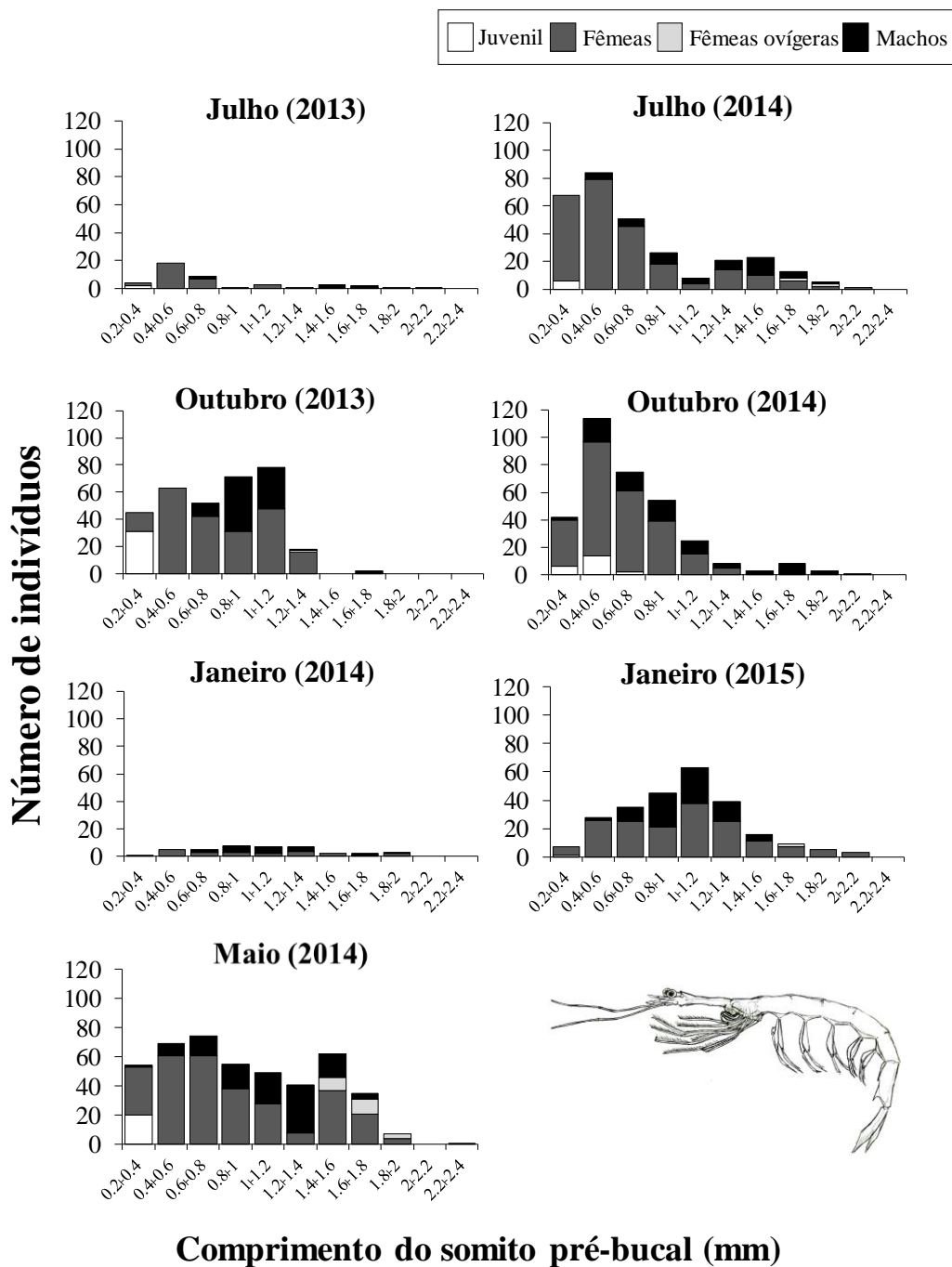


Fig. 4. Distribuição de frequência por classe de comprimento do somito pré-bucal (CS) de *B. faxoni*, de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.

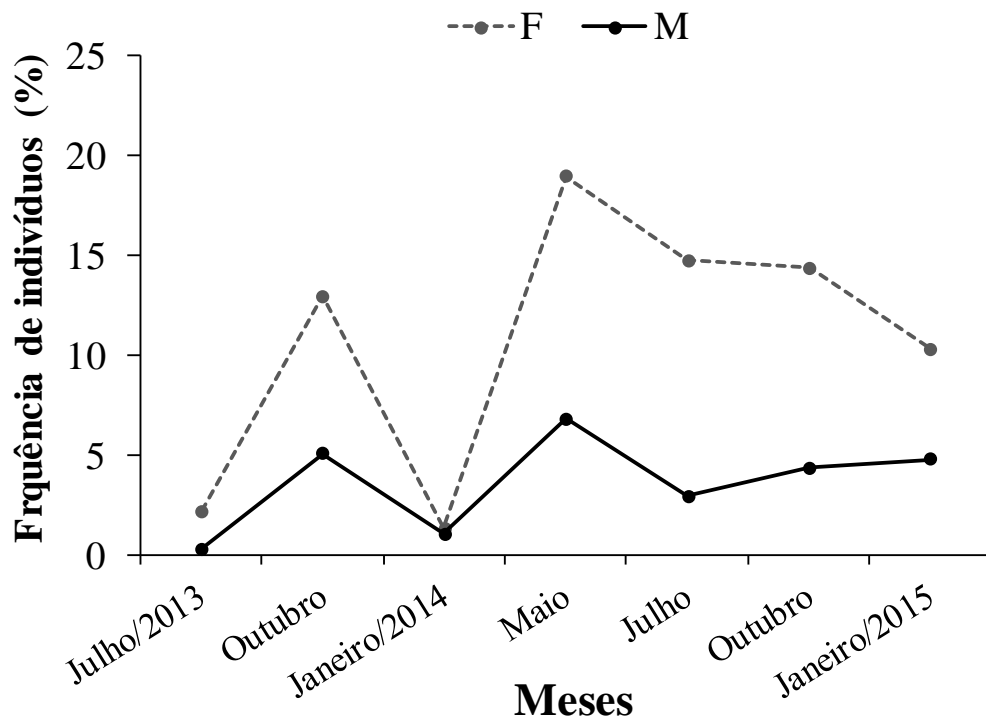


Fig. 5. Frequência de ocorrência de fêmeas (F) e machos (M) de *B. faxoni* capturados de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.

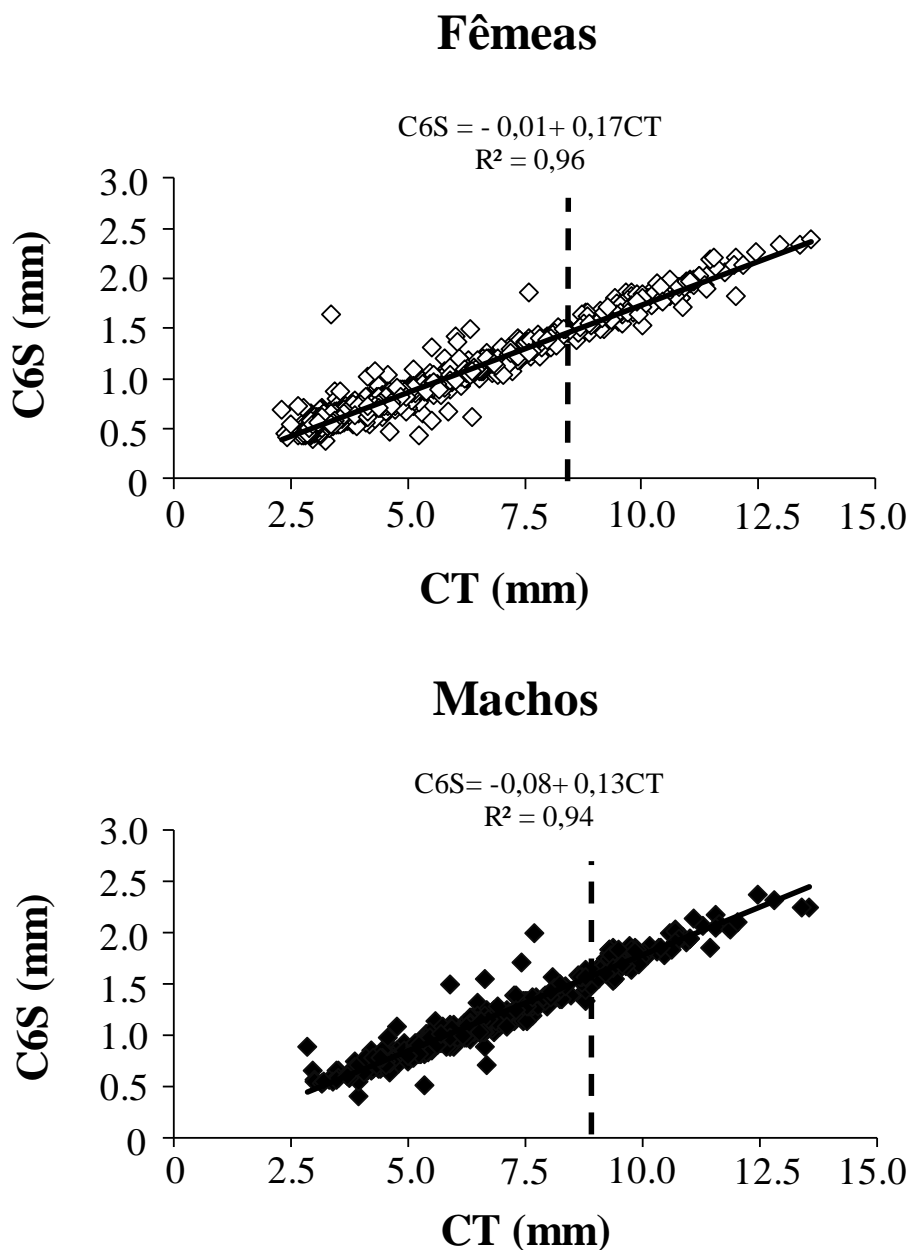


Fig. 6. Regressão entre o comprimento do sexto somito abdominal (C6S) e o comprimento total (CT) de fêmeas e machos de *B. faxoni* coletados de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.

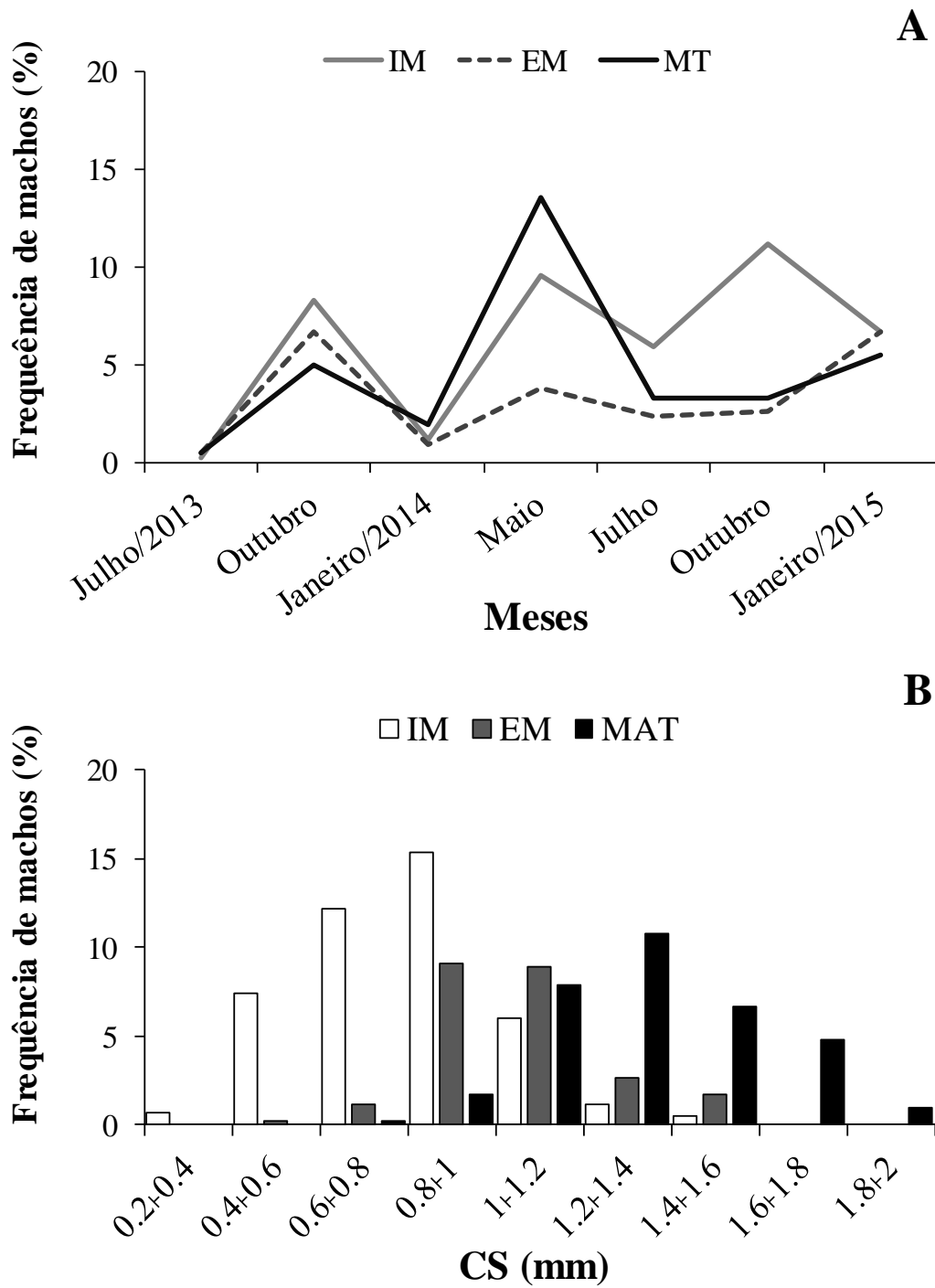


Fig. 7. Frequência de machos de *B. faxoni* e dos estágios gonadais em relação aos meses (A) e entre as classes de tamanho do somito pré-bucal (CS) (B). IM= machos imaturos, EM= machos em maturação; MT= machos maturos.

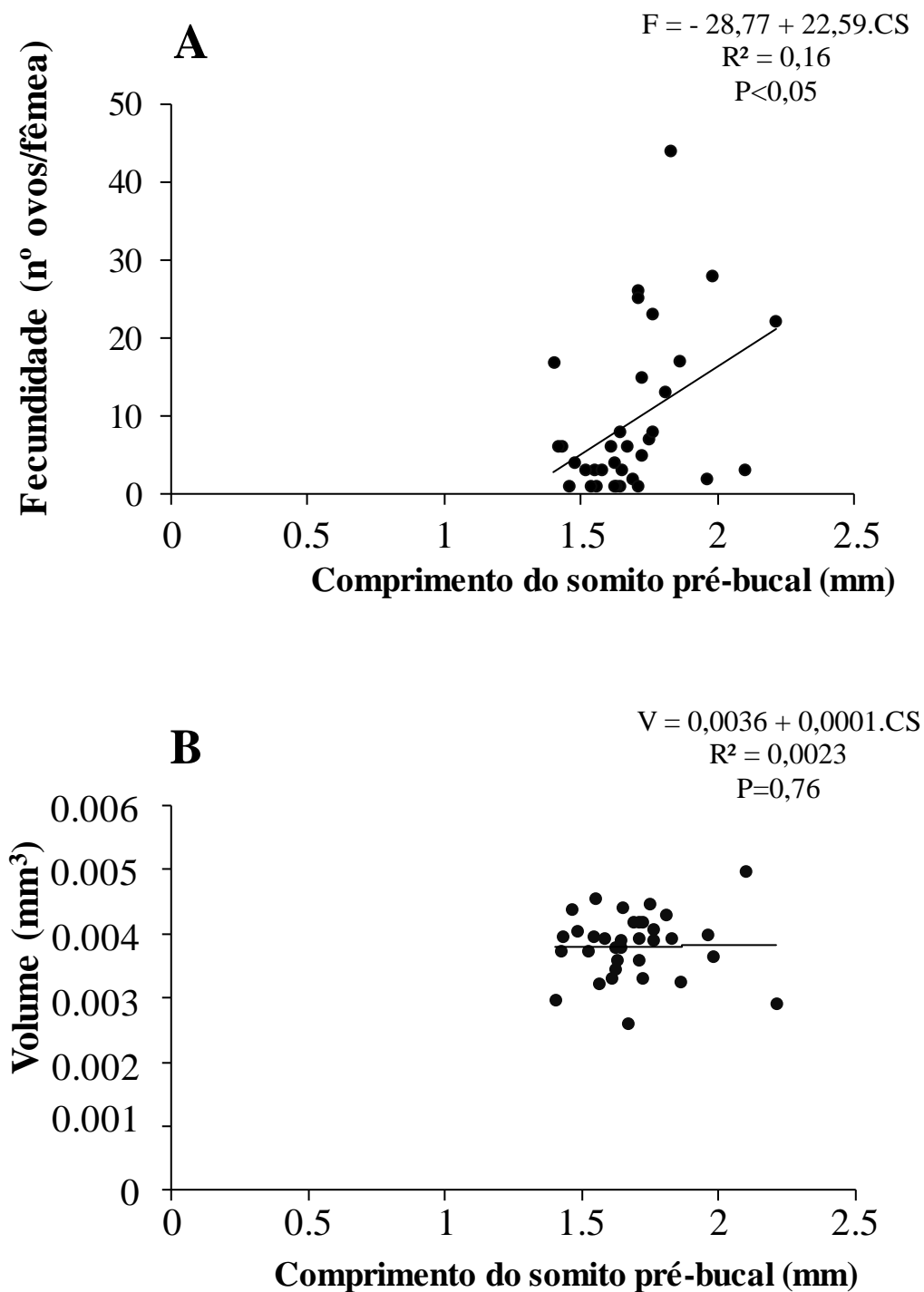


Fig. 8. Regressão linear entre a fecundidade e o tamanho do somito pré-bucal (A) e entre o volume dos ovos e o tamanho do somito pré-bucal (B) para a estimativa da fecundidade populacional de *B. faxoni*, de julho de 2013 a janeiro de 2015 na Plataforma Continental do Amazonas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os camarões planctônicos mais abundantes na Plataforma Continental do Amazonas (PCA) apresentam diferenças quanto à distribuição espacial da densidade. Mais abundantes e distribuídos em toda a extensão da plataforma, principalmente na camada superficial da coluna d'água, *Belzebub faxoni* é dominante ao longo do ano, enquanto que *Lucifer typus* é restrito às águas oceânicas mais profundas e, portanto, estenohalino em relação a *B. faxoni*. Esse trabalho deixa claro o quanto o tipo de arrasto realizado interfere na captura dos luciferídeos, uma vez que *L. typus* ocorreu apenas nas amostras com arrastos oblíquos, em áreas mais profundas da PCA, sendo uma espécie fortemente influenciada pela temperatura, salinidade, clorofila-*a* e vazão do Amazonas.

É evidente a relação dessas espécies com a variação de salinidade na coluna d'água ocasionada pelo regime de chuvas na região da PCA. *B. faxoni* apresentou maior densidade de mysis em maio de 2013 (0,36 ind./m³), porém jovens e adultos dessa espécie ocorreram em todos os meses. A presença de mysis, jovens e adultos de *B. faxoni* em todos os locais é indicador da PCA ser área-berçário e de desenvolvimento de todas as fases desse crustáceo, sendo a distância de 158 km (42 m de profundidade) o local de maior abundância dessa espécie.

A população de *B. faxoni* na Amazônia teve um padrão de distribuição bimodal, sendo frequente e contínua em todos os meses. Todavia, foi possível identificar claramente um aumento populacional quando os meses de janeiro (2014-2015) e julho (2013-2014) são comparados supondo que o El Niño apresentou influências na população de *B. faxoni* da PCA. Diferenças significativas do comprimento do somito pré-bucal (CS) foram encontradas entre sexo, meses e entre as classes de tamanho, podendo ser explicadas pelo fato de fêmeas terem sido mais abundantes que os machos em todo o período de estudo. Dadas às características conspícuas deste ambiente pelágico que possui renovações nutritivas a partir das descargas dos rios e em geral é estratificado e oligotrófico, presume-se que as altas frequências de fêmeas nesse estudo estejam intimamente ligadas às necessidades migratórias da espécie em águas turvas da plataforma amazônica, explicando o sucesso reprodutivo dessa espécie na região.

Todos os estágios de maturações sexuais foram encontrados na PCA, confirmando que *B. faxoni* completa todo o seu ciclo de vida na região nerítica amazônica. Camarões maturos foram encontrados em tamanho menor que o relatado para a literatura (a partir de 0,76 mm de comprimento de somito pré-bucal). Assim, fica

evidente que a dinâmica na plataforma com influência da pluma do rio tem efeitos diferenciados sob a população desse camarão planctônico quando comparadas à outras populações de águas subtropicais. A fecundidade variou de 1 a 44 ovos, sendo as menores quantidades explicadas pelo fato de que nesses camarões os ovos ficam aderidos na base do terceiro par de pereiópodes e não nos pleópodes como na maioria dos camarões com cuidado parental, ficando expostos e suscetíveis a perdas durante o estudo. Dada a ausência de informações sobre fecundidade em populações naturais de camarões luciferídeos, este é o primeiro trabalho a trazer essa informação.

Considerando que o conhecimento dos ecossistemas pelágicos da Amazônia ainda é escasso e que as mudanças climáticas mundiais podem comprometer futuramente a sobrevivência e distribuição das espécies planctônicas residentes nesses ambientes aquáticos, o presente estudo contribuiu com melhores informações a respeito da biologia populacional do camarão *B. faxoni* e sobre a distribuição dos camarões luciferídeos (em todas as suas formas de vida), tanto em regiões costeiras como em áreas mais profundas da Plataforma Continental do Amazonas, e suas relações com fatores ambientais, constituindo uma importante ferramenta na caracterização das comunidades zooplantônicas de um local único como a Amazônia, bem como servindo de subsídios para a adoção de medidas que auxiliem no gerenciamento futuro de recursos aquáticos.