



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

LEILIANE SOUZA DA SILVA

**COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE CAMARÕES
NO PLÂNCTON (DECAPODA: DENDROBRANCHIATA) NA PLATAFORMA
CONTINENTAL DO AMAZONAS**

BELÉM, PA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

LEILIANE SOUZA DA SILVA

**COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE CAMARÕES
NO PLÂNCTON (DECAPODA: DENDROBRANCHIATA) 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)
Biblioteca do Instituto de Ciências Biológicas - UFPA

Silva, Leiliane Souza da

Composição e distribuição espaço-temporal de camarões no plâncton (Decapoda: Dendrobranchiata) na Plataforma Continental do Amazonas / Leiliane Souza da Silva; Orientadora, Jussara Moretto Martinelli Lemos. - 2017.

75 f. : il.

Inclui bibliografias

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Belém, 2017.

1. Zoologia – Rio Amazonas - classificação. 2. Camarão – Rio Amazonas. 3. Zooplâncton – Rio Amazonas. I. Lemos, Jussara Moretto Martinelli, orientadora. II. Título.

CDD – 22 ed. 591.01209811

LEILIANE SOUZA DA SILVA

**COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE CAMARÕES
NO PLÂNCTON (DECAPODA: DENDROBRANCHIATA) 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 cuja banca examinadora foi constituída pelos professores listados abaixo, tendo obtido o conceito Excelente.

Tese apresentada e aprovada em 27 de abril de 2017.

Orientadora:

Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fernando Araujo Abrunhosa

Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Marcelo Petracco

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Ralf Schwamborn

Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco

Suplentes:

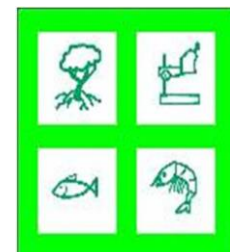
Dra. Danielly Brito Oliveira

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio

Prof. Dr. Jonathan Stuart Ready

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará

APOIO LOGÍSTICO E FINANCEIRO



Laboratório de Biologia Pesqueira
e Manejo dos Recursos Aquáticos



Dedico à minha orientadora,
profa. Dra. Jussara Martinelli Lemos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial minha mãe e minha irmã por todo amor e mesmo às vezes, não entendendo minha ausência, me deram apoio incondicional!

Agradeço a profa. Dra. Jussara Lemos, por me orientar desde a graduação e não medir esforços para me ajudar/orientar. Pela confiança depositada em mim e pelo apoio, sou imensamente grata!

Agradeço ao grupo GPECA e à UFPA, que me acolhe desde a graduação e me permitiu inúmeros aprendizados, trazendo amigos para toda a vida! Bianca, Alyne, Marcela, Dani, Dalila, Daninha, Déia, Pri, Carol, Fran, Miani, muito obrigada por tudo!

Agradeço a oportunidade de trabalhar junto ao projeto INCT-Ambientes Marinhos Tropicais, grupo 2.2, e ter vivido essa experiência única que é a plataforma continental do Norte do país!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo fomento do INCT-AmbTropic (CNPq nº 565054/2010-4). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida.

Aos professores que participaram da banca avaliadora, pelas valiosas contribuições na qualificação e defesa desta tese.

Agradeço também, à Universidade Federal Rural da Amazônia e o Instituto Sócio Ambiental e Recursos Hídricos, especialmente aos professores Dr. Nuno Melo e Dr. Eduardo Paes por proporcionarem o suporte logístico para os cruzeiros, o ‘rancho’ e toda uma equipe sempre disposta a ajudar!

À Rô e ao Caio, por toda ajuda e amizade, aprendi muito com vocês!

Ao Anderson Mangas, que sempre esteve paciente e disposto a me ajudar!

A toda a tripulação que embarcou rumo à imensidão da Amazônia azul (num barco de pesca adaptado)...! Seu Beto, Abaeté, Seu Pedro, Pedro, Jeová, Seu Rai, Marinaldo que nos guiaram nas viagens e aos pesquisadores: Caio, Rô, Mangas, Dani, Daninha, Léo, Rodrigues, Kevin, Nelson, Marcelo, Carol, Dja, Guilherme, Jamilly, Paulo, Tulio, Laissa, Marko, Micaela, Rodrigues, Nelson, Yuri, Lucas, Alberto, Thuareag, Marcos, João e Elton. Não foi fácil, mas conseguimos!

Agradeço a todos que se dedicaram a aprender sobre o zooplâncton e me auxiliaram na triagem das amostras – Carol, Dani, Marcos, Jeff, Renan, Matheus, Alyson, Jamylle, José, Gil, Ivi, Aliny, May, Rapha, Lorrany, Rayane, Camila, Guilian – muito obrigada!

É tempo de encerrar um ciclo para outro iniciar, e aqui quero agradecer a todos que ajudaram e estiveram comigo nesta caminhada! Este trabalho representa o esforço de muitas pessoas e, a elas, toda minha gratidão!

Muito Obrigada!

"O essencial é invisível aos olhos"

Antoine de Saint-Exupéry (O Pequeno Príncipe)

“Você é o único representante do seu sonho
na face da Terra, se isso não fizer você
correr, eu não sei o que vai...”

Emicida (Levanta e Anda)

RESUMO

Os camarões representam importante grupo de crustáceos, tanto em sua fase larval como componente do plâncton e da cadeia trófica aquática, quanto em sua fase bentônica/nectônica. Neste trabalho, buscamos investigar a composição taxonômica e a distribuição espacial e temporal dos camarões Dendrobranchiata presentes no plâncton na Plataforma Continental do Amazonas, em um transecto entre a foz dos rios Amazonas e Pará. Bem como, relacionar a densidade das espécies com os fatores ambientais a fim de explicar a distribuição dos táxons ao longo dos meses e da distância da costa. As amostragens foram realizadas no contexto do projeto “INCT Ambientes Marinheiros Tropicais: Variabilidade Espaço-Temporal da Diversidade e Estrutura Trófica do Ambiente Pelágico na Plataforma Continental ao Largo do Norte e Nordeste do Brasil”. Foram analisadas 42 amostras, resultado de 7 campanhas realizadas sazonalmente de julho/2013 a janeiro/2015, em 6 locais na área da Plataforma Continental do Amazonas abrangendo uma extensão de $\approx 250\text{Km}$ em direção ao Talude Continental. As amostras foram obtidas através de arrastos oblíquos com duração de 05 minutos e velocidade do arrasto entre 2-3 nós, com uma rede de plâncton cônico-cilíndrica (malha $200\ \mu\text{m}$, 30 cm de diâmetro de abertura), e um fluxômetro (General Oceanics ou Hydrobios) acoplado na abertura da rede. Os dados de profundidade, salinidade, temperatura e clorofila-*a* foram registrados com um perfilador CTD (Hydrolab DS 5) e os dados de vazão do Rio Amazonas foram obtidos pelo site da Agência Nacional das Águas. Foram encontrados 14.071 indivíduos, distribuídos em 5 famílias e 9 táxons: *Belzebub faxoni*, *Lucifer typus*, *Acetes* spp., *Sergestes* spp., *Sicyonia* spp., *Solenocera* spp., *Penaeus* sp., *Xiphopenaeus kroyeri* e *Penaeidae* sp.; 59,4% dos camarões eram larvas (estágio de mysis ou decapodito) e 40,6% eram juvenis ou adultos, sendo a maioria correspondente a mysis de camarões Luciferidae (57%). Em relação à frequência de ocorrência amostral, Luciferidae foram muito frequentes (86%), Penaeidae frequentes (57%) e os Sergestidae (33%), Sicyoniidae (33%) e Solenoceridae (40%) foram pouco frequentes. Entre os camarões planctônicos, *B. faxoni* foi sempre dominante na PCA, apresentando as maiores densidades (média: $2\ \text{org./m}^3 \pm 6,28$ desvio padrão), seguidos de *Acetes* spp. ($0,18\ \text{org./m}^3 \pm 0,59$) e *Sicyonia* spp. ($0,02\ \text{larvas/m}^3 \pm 0,07$). Com uma Análise de Redundância Canônica (RDA), observamos que os *Acetes* spp. estiveram negativamente relacionados com a clorofila-*a* e temperatura, e os Luciferidae correlacionados positivamente com a variável temporal (mês). As mysis III de Solenoceridae e os camarões Penaeidae estiveram correlacionados positivamente com a distância da costa. A vazão do Rio Amazonas exerceu grande influência na dinâmica da PCA, principalmente nos fatores salinidade e da clorofila-*a*, explicando a distribuição da assembleia dos camarões, principalmente para os Penaeidae, que apresentaram maior densidade no período de menor vazão do Rio Amazonas ($Z = -3,23$; $p = 0,001$). Destacamos que apesar da baixa densidade larval de *Penaeus* e *Xiphopenaeus*, a presença contínua em todos os meses e locais amostrados ao longo de toda a PCA comprova a importância dessa área como berçário para as espécies de camarões com relevante importância econômica. Destacamos também a PCA como uma área prioritária para a biodiversidade e de extrema importância para o desenvolvimento dos camarões Dendrobranchiata, configurando-se em uma área-berçário para o grupo em questão.

Palavras-chave: Amazônia, *Belzebub faxoni*, estágios de desenvolvimento, Penaeidae, Sergestidae, Zooplâncton

LISTA DE FIGURAS

Capítulo Geral

- Figura 1:** Ciclo de vida típico do gênero *Penaeus* (Penaeidae). A: estuários, mangues e lagoas. B: plataforma, oceano. 1- os adultos se reproduzem no oceano, 2- nauplius, 3- protozoa, 4- mysis, 5- os decapoditos adentram os estuários, 6- juvenis, 7- recém-adultos migram para o oceano (Fonte: Boschi, 1974)..... 19
- Figura 2:** A Corrente Norte do Brasil (CNB) flui no sentido da quebra da Plataforma do Amazonas, sobre o Talude, retroflete entre 5 e 10°N alimentando a Contracorrente Norte-Equatorial (CCNE) [Subcorrente Norte do Brasil (SNB) segue a Costa Nordeste brasileira em subsuperfície e juntamente com a Corrente Sul Equatorial Norte (CSEN) formam a CNB]. Fonte: Krelling, 2010 (baseado em Goes *et al.*, 2005)..... 22
- Figura 3:** Dispersão da pluma dos Rios Amazonas e Orinoco no Oceano Atlântico: 1 - próxima à costa e no sentido noroeste da América do Sul (Fevereiro). 2, 3 - seguindo para a região do Caribe (Maio e Junho); e 4 - para o Oceano Atlântico Central Equatorial (setembro e outubro). As duas áreas pontilhadas representam anéis de retroflexão na Corrente Norte do Brasil (Fonte: Moller *et al.*, 2010)..... 23
- Figura 4:** Mapa da Costa Norte do Brasil com os locais amostrados (pontos pretos). 28

Artigo

- Fig. 1.** Área de estudo, os pontos pretos representam os locais de amostragem da Plataforma Continental do Amazonas, no período de julho/2013 a janeiro/2015. 59
- Fig. 2.** Variação da vazão do Rio Amazonas em função do período de estudo (julho/2013 a janeiro/2014). A: Valores mínimos, máximos, outliers, média e erro padrão. Letras diferentes representam diferenças significativas com nível de confiança de 95%. B: Média da vazão diária do período de estudo e dos últimos 30 anos, os pontos pretos indicam os meses de amostragem na Plataforma Continental do Amazonas. 60
- Fig. 3.** Representação da variação da temperatura (°C), salinidade e clorofila-*a* (µg/L) na coluna d'água da Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Para a salinidade: Faixa estuarina (até a linha sólida), faixa de pluma interna (entre linha sólida e tracejada), faixa de pluma externa (entre a linha tracejada e linha mais espessa) e faixa oceânica (a partir da linha mais espessa)..... 61

- Fig. 4.** Valores mínimos, máximos, outliers, média e erro padrão dos fatores abióticos em relação aos meses e distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Letras diferentes representam diferenças significativas com nível de confiança de 95%..... 62
- Fig. 5.** *Heatmap* mostrando a distribuição da densidade total (org.m^{-3}) da assembleia de camarões Dendrobranchiata em relação os meses e a distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Valores absolutos estão representados no apêndice III. 63
- Fig. 6.** Valores mínimos, máximos, medianas e quartis 25% e 75% da densidade (org.m^{-3}) dos camarões Dendrobranchiata considerando os meses e a distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). 64
- Fig. 7.** Representação da dispersão da densidade dos camarões Dendrobranchiata em relação as variáveis explanatórias na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015), produzido a partir da Análise de Redundância Canônica (RDA). Proporção de explicação: RDA1: 58,8%; RDA2: 22,6%. A: scores das amostras com os vetores. B: scores dos táxons com os vetores. Para os códigos das variáveis explanatórias ver Tabela I e para os táxons, Apêndice IV. 65

LISTA DE TABELAS

Capítulo Geral

Tab. 1: Espécies de camarões Dendrobranchiata com registro de ocorrência na Plataforma Continental do Amazonas e áreas próximas (estuarinas).....	20
Tab. 2: Coordenadas geográficas, profundidades e distâncias estimada em relação ao continente.	27

Artigo

Tabela I. Coeficientes de correlação resultantes da Análise de Redundância Canônica (RDA) entre os vetores das variáveis explanatórias com as densidades das famílias dos camarões Dendrobranchiata na Plataforma Continental Amazônica (2013 - 2015). Valores em negrito indicam correlações acima de 0,7.	58
Tabela II. Resultado do Teste ANOVA-Permutacional para o modelo da RDA entre as variáveis ambientais e a assembleia dos camarões Dendrobranchiata na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Valor em negrito é significativo com nível de confiança de 95%.	58

SUMÁRIO

RESUMO	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Biologia dos camarões Dendrobranchiata	16
1.2. A Plataforma Continental do Amazonas	21
1.3. A pesca de camarões na costa Norte do Brasil	25
2. OBJETIVOS	26
2.1. Geral	26
2.2. Específicos	26
2.3. Hipóteses	26
3. METODOLOGIA	27
3.1. Área de estudo	27
3.2. Procedimentos em campo e em laboratório	28
3.3. Análise de dados	29
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
5. RESULTADOS	40
DISTRIBUIÇÃO E VARIABILIDADE SAZONAL DE CAMARÕES PLANCTÔNICOS (DENDROBRANCHIATA) AO LONGO DE UM CONTINUUM ESTUÁRIO-OCEANO	40
INTRODUÇÃO	40
METODOLOGIA	41
Área de estudo	41
Coleta e processamento das amostras	42
Análise de dados	43
RESULTADOS	45
Fatores abióticos	45
Abundância e distribuição dos camarões Sergestoidea	46
Abundância e distribuição dos camarões Penaeoidea	47
DISCUSSÃO	48
CONCLUSÕES	51
AGRADECIMENTOS	52

FINANCIAMENTO	52
REFERÊNCIAS	53
TABELAS	58
FIGURAS	59
APÊNDICES	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A tese está elaborada no formato de artigo em conformidade com o Regimento Geral do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca resolução nº 4.094/2011 (Art. 66) e as normas vigentes da Biblioteca Central da UFPA. Está composta pelo Capítulo Geral compreendendo os itens: Introdução, Objetivos, Metodologia, Referências Bibliográficas; pelo produto científico (artigo formatado conforme as normas da revista Journal of Plankton Research) e Considerações Finais.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Biologia dos camarões Dendrobranchiata

Os camarões representam importante grupo dentre os crustáceos tanto em sua fase larval, como componente do zooplâncton e da pirâmide trófica aquática, quanto em sua fase bentônica/nectônica, em que atuam especialmente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia, como detritívoros. Quando juvenis e adultos são também fonte de alimento para vários organismos, incluindo o homem. Muitas espécies são exploradas pela pesca artesanal e industrial, consistindo em uma atividade econômica relevante para a população do Norte do Brasil (ISAAC et al., 1992; BENTES et al., 2012a).

A compreensão da dinâmica larval e de camarões juvenis e adultos que se distribuem na Plataforma Continental do Amazonas ainda são lacunas na literatura científica. Neste contexto, destacam-se os estudos de Martinelli (2005) que analisou a estrutura populacional e a variação espaço-temporal dos camarões Penaeidae (adultos e larvas); Pinto-Marques (2009) que verificou a composição e a densidade das larvas de camarões em ambientes estuarinos e Melo et al. (2014) que analisaram a distribuição dos camarões Luciferidae na Plataforma Continental Amazônica, sendo apenas este último publicado como artigo.

Os camarões da subordem Dendrobranchiata liberam os ovos em meio ao plâncton e as fêmeas não carregam os ovos (exceto as da família Luciferidae que mantêm os ovos fracamente aderidos aos pereópodos). Ao eclodirem, são liberadas larvas no estágio de nauplius que sofrem sucessivas mudas até tornarem-se juvenis e posteriormente, adultos aptos para a reprodução (BOSCHI 1981; BROOKS, 1882; DALL et al., 1990). Da eclosão do ovo até o completo desenvolvimento, os Dendrobranchiata passam pelos estágios larvais de nauplius (3 a 5 estágios), zoea (3 estágios de protozoea e de 2 a 5 estágios de mysis) e de decapodito, também denominado de pós-larva, com um número variável de estágios conforme a espécie (BOSCHI, 1981; SANTOS e LINDLEY, 2001).

Algumas espécies são tipicamente pelágicas, como os camarões holoplanctônicos Luciferidae De Haan, 1849, representados principalmente por *Belzebub faxoni* (Borradaile, 1915), mais costeiro e *L. typus* H. Milne Edwards, 1837, espécie indicadora de águas oceânicas (BOWMAN e McCAIN, 1967). Outras espécies, após se tornarem juvenis, adotam hábito bentônico como a maioria dos camarões Penaeoidea Rafinesque, 1815, representadas por espécies estuarinas e marinhas.

A Superfamília Sergestoidea compreende duas (2) famílias: Sergestidae e Luciferidae, com 108 espécies descritas (AHYONG et al., 2011; De GRAVE e FRANSEN, 2011), sendo registradas 5 (cinco) espécies na Plataforma Continental do Amazonas (Tab. 1). Luciferidae contém sete (7) espécies pelágicas pertencentes ao gênero *Lucifer* e *Belzebub* (Vereshchaka, 2016). Dentre elas, duas são registradas na costa brasileira: *B. faxoni* e *L. typus*. A ocorrência de *B. faxoni* é restrita ao Oceano Atlântico e domina a zona nerítica, apresentando elevados valores de abundância juntamente com as larvas de *Brachyura* na Plataforma Continental (MELO et al., 2014). Devido ao seu tamanho, os camarões Luciferidae compreendem cerca de 15% da biomassa plânctonica em plataformas continentais tropicais (LONGHURST, 1985).

Sergestidae compreende os camarões pelágicos ou bentopelágicos que habitam estuários e águas costeiras tropicais, subtropicais e temperadas (XIAO e GREENWOOD, 1993). São transparentes ou semitransparentes e pequenos (10 a 40 mm de comprimento), no entanto, apesar do pequeno tamanho, apresentam elevadas abundâncias formadas por agregações em determinados períodos do ano (OMORI, 1975). A migração é um aspecto importante na distribuição espaço-temporal em *Acetes*. *Acetes chinensis* Hansen, 1919 e *A. japonicus* Kishinouye, 1905, por exemplo, migram para áreas de desova e entre diferentes habitats para completar seu ciclo (XIAO e GREENWOOD, 1993).

A Superfamília Penaeoidea compreende cinco (5) famílias, com aproximadamente 422 espécies descritas (AHYONG et al., 2011; De GRAVE e FRANSEN, 2011), sendo registradas 21 espécies na Plataforma Continental do Amazonas e áreas próximas (estuarinas) (Tab. 1). Os camarões das famílias Aristeidae e Benthescymidae são representados por espécies marinhas, com hábitos bentônicos e encontrados principalmente nos taludes continentais, entre 250 e 1300 m de profundidade (CERVIGÓN et al., 1992; POORE e AHYON, 2004).

A família Solenoceridae inclui espécies marinhas com hábitos bentônicos, encontradas na plataforma e taludes continentais, desde 20 a 900 m de profundidade (CERVIGÓN et al., 1992). Espécies da família Sicyoniidae são marinhas e estuarinas, habitando os litorais e a plataforma Continental (D'INCAO, 1995) e as espécies da família Penaeidae têm hábitos bentônicos, são encontrados na plataforma e talude continental e contém o maior número de espécies comerciais e com elevada importância socioeconômica (CERVIGÓN et al., 1992).

Os camarões Penaeoidea podem apresentar movimentos migratórios, sendo observados quatro tipos: (1) a migração das larvas e pós-larvas para áreas de berçário (estuários, mangues, lagunas); (2) a migração dos juvenis para fora da área de berçário (oceano, plataforma); (3) a migração de adultos, geralmente para águas mais profundas do mar/oceano e (4) uma migração apenas de desova em algumas espécies (DALL et al., 1990). As espécies *Artemesia longinaris*

(Bate, 1888) (Penaeidae) e *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Solenoceridae), capturadas nas pescarias comerciais no Sul do Brasil e na Argentina, cumprem todo o seu ciclo de vida no ambiente marinho e apresentam os tipos de migração para desova e em direção a águas mais profundas (DUMONT e D'INCAO, 2008). As fêmeas de *A. longinarius* migram apenas para desovar em áreas mais profundas enquanto que *P. muelleri* migram ainda juvenis em direção a maiores profundidades, onde atingem a maturidade sexual e realizam a desova, posteriormente retornando à zona costeira (BAPTISTA-METRI, 2007).

Os camarões *Penaeus*, *Farfantepenaeus* e *Litopenaeus* (Penaeidae) apresentam uma migração dos juvenis para zonas costeiras/estuários e posteriormente dos recém-adultos para a Plataforma Continental (DIAS NETO, 2011). As fêmeas liberam os ovos no oceano, que eclodem entre 12 e 36 horas após a desova. As larvas são planctônicas e sofrem sucessivas mudas até a fase de decapodito. Os decapoditos possuem aparência dos adultos, mas com apenas 2 ou 3 dentes rostrais (BOSCHI, 1974; 1981). Todo o ciclo tem duração aproximada de 3 a 14 dias, quando penetram no estuário e adquirem hábito bentônico. Na zona costeira e estuarina tornam-se juvenis (sem as características sexuais secundárias diferenciadas) e na fase recém-adulta retornam à zona oceânica para se reproduzir (Figura 1) (BOSCHI, 1974; 1981).

Os juvenis de *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) (camarão-rosa) são encontrados em manguezais ao longo da costa Norte e posteriormente migram para águas mais profundas na direção noroeste (ARAGÃO, 2012). Há um consenso no fato de haver dois picos de intensidade reprodutiva para *F. subtilis*, no entanto, há conflitos em relação ao período de maior intensidade de desova de *F. subtilis* para a plataforma continental do Norte do Brasil, sendo relatados os períodos de fevereiro/abril e de julho/agosto (CINTRA et al., 2004; DIAS NETO, 2011) de janeiro a abril e agosto a outubro (MARTINELLI, 2005) e de maio e setembro (ISAAC et al., 1992; ARAGÃO, 2012).

Em relação à *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (camarão-sete-barbas), existem lacunas na literatura quanto ao habitat em sua fase juvenil. No litoral Nordeste do Brasil, a área de crescimento coincide com a de ocorrência do estoque adulto em águas com até 30 m de profundidade (SANTOS et al., 2006). Na Costa Norte, assume-se os períodos reprodutivos de março/julho e de outubro/novembro (DIAS NETO, 2011) e sabe-se da presença de pós-larvas desta espécie em setembro, novembro e dezembro no estuário do Rio Caeté (Bragança, Pará, Brasil) (MARTINELLI, 2005 - dados não publicados).

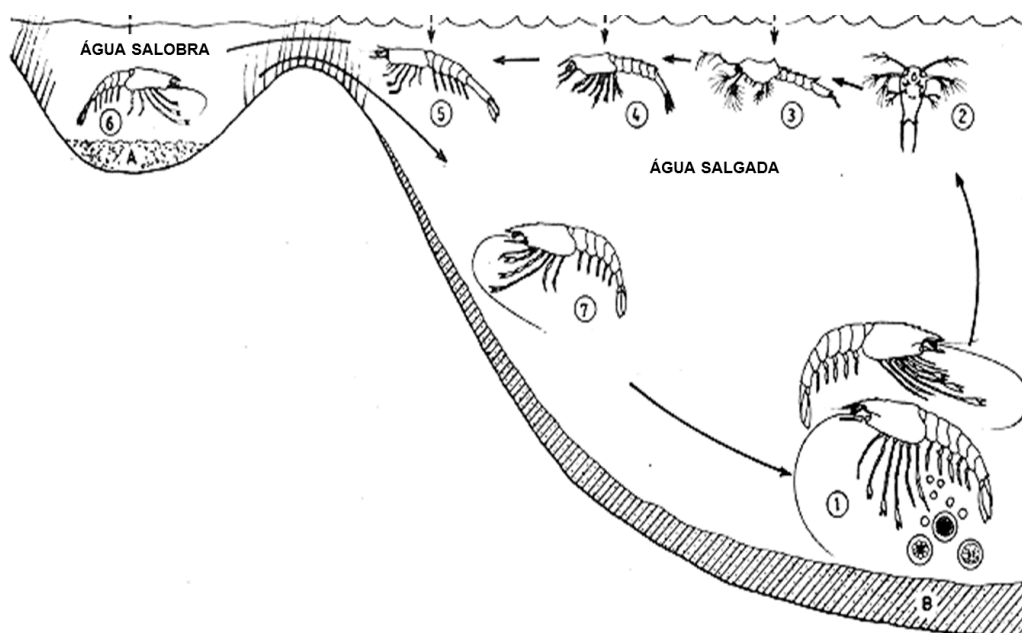


Figura 1: Ciclo de vida típico do gênero *Penaeus* (Penaeidae). A: estúrios, mangues e lagunas. B: plataforma, oceano. 1- os adultos se reproduzem no oceano, 2- nauplius, 3- protozoa, 4- mysis, 5- os decapoditos adentram os estúrios, 6- juvenis, 7- recém-adultos migram para o oceano (Fonte: BOSCHI, 1974).

Tab. 1: Espécies de camarões Dendrobranchiata com registro de ocorrência na Plataforma Continental do Amazonas e áreas próximas (estuarinas).

Família	Espécie	Referências
Luciferidae	<i>Belzebub faxoni</i> (Borradaile, 1915)	Melo et al., 2014; D’Incao, 1995; 1997; Barros e Pimentel, 2001;
	<i>Lucifer typus</i> H. Milne Edwards, 1837	Melo et al., 2014; D’Incao, 1995; 1997; Barros e Pimentel, 2001
Sergestidae	<i>Acetes americanus americanus</i> Ortmann, 1893	Omori, 1975; D’Incao, 1995; Barros e Pimentel, 2001
	<i>A. marinus</i> Omori, 1975	Omori, 1975; D’Incao, 1995; Barros e Pimentel, 2001; Pimentel e Magalhães 2014
	<i>Neosergestes edwardsii</i> (Krøyer, 1855)	D’Incao, 1995; Barros e Pimentel, 2001
Aristeidae	<i>Aristeus antillensis</i> A. Milne-Edwards & Bouvier, 1909	Barros e Pimentel, 2001; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>Aristaeopsis edwardsiana</i> (Johnson, 1868)	Silva et al., 2002a,b; Carpenter, 2002; Costa e Costa, 2008
	<i>Aristaeomorpha foliacea</i> (Risso, 1827)	Carpenter, 2002
Penaeidae	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Latreille, 1817)	Cervigón, 1992; Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>F. notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)*	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Costa e Costa, 2008
	<i>F. subtilis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Silva et al., 2002a,b; Espírito-Santo et al., 2005; Costa e Costa, 2008
	<i>Litopenaeus schmitti</i> (Burkenroad, 1936)	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Espírito-Santo et al., 2005; Costa e Costa, 2008
	<i>Metapenaeopsis goodei</i> (Smith, 1885)	Barros e Pimentel, 2001
	<i>M. martinella</i> Pérez-Farfante, 1971	Barros e Pimentel, 2001
	<i>Parapenaeus politus</i> (Smith, 1881)	Barros e Pimentel, 2001
	<i>Penaeus monodon</i> Fabricius, 1798**	Costa e Costa, 2008
	<i>Penaeopsis serrata</i> Bate, 1881	Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>Rimopenaeus constrictus</i> (Stimpson, 1871)	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>R. similis</i> (Smith, 1885)	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Heller, 1862)	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Silva et al., 2002a,b; Espírito-Santo et al., 2005; Costa e Costa, 2008
Sicyoniidae	<i>Sicyonia burkenroadi</i> Cobb, 1971	Barros e Pimentel, 2001
	<i>S. dorsalis</i> Kingsley, 1878	Barros e Pimentel, 2001; Silva et al., 2002a,b; Espírito-Santo et al., 2005; Costa e Costa, 2008
	<i>S. laevigata</i> Stimpson, 1871	Barros e Pimentel, 2001
	<i>S. olgae</i> Pérez-Farfante, 1980	Barros e Pimentel, 2001
	<i>S. stimpsoni</i> Bouvier, 1905	Silva et al., 2002a,b
	<i>S. typica</i> (Boeck, 1864)	Barros e Pimentel, 2001; Carpenter, 2002; Silva et al., 2002a,b
Solenoceridae	<i>Mesopenaeus tropicalis</i> (Bouvier, 1905)	Barros e Pimentel, 2001; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>Pleoticus robustus</i> (Smith, 1885)	Carpenter, 2002
	<i>Solenocera atlantidis</i> Burkenroad, 1939	Barros e Pimentel, 2001; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008
	<i>S. geijskesi</i> Holthuis, 1959	Barros e Pimentel, 2001; Silva et al., 2002a,b; Costa e Costa, 2008

* Sua ocorrência não tem comprovação nos dados de desembarque (Dias Neto, 2011). ** Espécie exótica.

1.2. A Plataforma Continental do Amazonas

A Plataforma Continental Norte brasileira abrange os estados do Amapá, Pará e Maranhão, com extensão máxima de 320 km da foz do Rio Amazonas até o Talude, em função das características regionais, pode ser subdividida em Plataforma Continental do Pará-Maranhão (da foz do Rio Pará até o Rio Parnaíba, divisa dos estados Maranhão e Piauí) e Plataforma Continental do Amazonas - PCA (da foz do Rio Pará até o cabo Orange, extremo norte do Amapá) (JABLONSKI et al., 2006).

A Plataforma Continental do Pará-Maranhão também é denominada de Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia, estendendo-se da Baía de Marajó (PA) até a Ponta de Tubarão, na Baía de São José (MA), perfazendo cerca de 650 km do litoral em linha reta (SOUZA-FILHO, 2005). Apresenta na parte interna (limitada pela isóbata de 20 m) um litoral com áreas profundamente recortadas, com a presença da maior extensão contínua do ecossistema de manguezais da costa brasileira, com 718 km² (JABLONSKI et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2013).

A Plataforma Continental do Amazonas inicia esta série de reentrâncias ao longo dos sistemas estuarinos e apresenta sua quebra externa entre 90 e 100 m de profundidade (NITTROUER e DEMASTER, 1996; JABLONSKI et al., 2006). Nela, o Rio Amazonas tem a maior bacia de drenagem (7×10^6 km²) e é o maior em volume de descarga (180×10^3 m³s⁻¹) para o Oceano Atlântico Equatorial, correspondendo a aproximadamente 18% da água doce mundial (DAGG et al., 2004, SILVA et al., 2009, MOLLERI et al., 2010). Na PCA ocorre o maior aporte de sedimentos para o oceano com 900×10^6 toneladas/ano de sedimentos (MIKHAILOV, 2010), composto principalmente (90%) de frações de tamanho entre silte e argila (DAGG et al., 2004).

Em um contexto amplo, o sistema amazônico contém duas áreas de foz, separado pela Ilha do Marajó: o delta do Rio Amazonas (contendo o canal norte e o canal sul) e um delta secundário definido pelo Rio Pará, ao sul (SILVA et al., 2010; Ab'SÁBER, 2010). Como resultado do aporte de água doce proveniente do Rio Amazonas, forma-se uma pluma superficial nas águas oceânicas identificada por altas temperaturas (27,5-29°C) e baixos valores de salinidade (≤ 34) (GEYER et al., 1996; SILVA et al., 2005b; SEIDEL et al., 2015). A distribuição desta pluma está diretamente relacionada à variabilidade sazonal e espacial da vazão dos rios Amazonas e Pará, das correntes e ventos atuantes na PCA (DAGG et al., 2004; SILVA et al., 2009; 2010).

Nesta região, a Corrente Norte do Brasil (CNB) flui no sentido da quebra da Plataforma do Amazonas, sobre o talude, e transporta águas superficiais quentes para o Norte (RICHARDSON et al., 1994). A CNB apresenta dois comportamentos, um é o fluxo contínuo para noroeste junto à quebra da plataforma ao longo da costa brasileira que ocorre geralmente de fevereiro a junho. O outro, é que após passar pelo equador esta corrente retroflete para leste, entre 5°N e 10°N, alimentando a Contracorrente Norte Equatorial (CCNE) (FFIELD, 2005; SILVA et al., 2005a; 2009; MOLLERI et al., 2010), Figura 2.

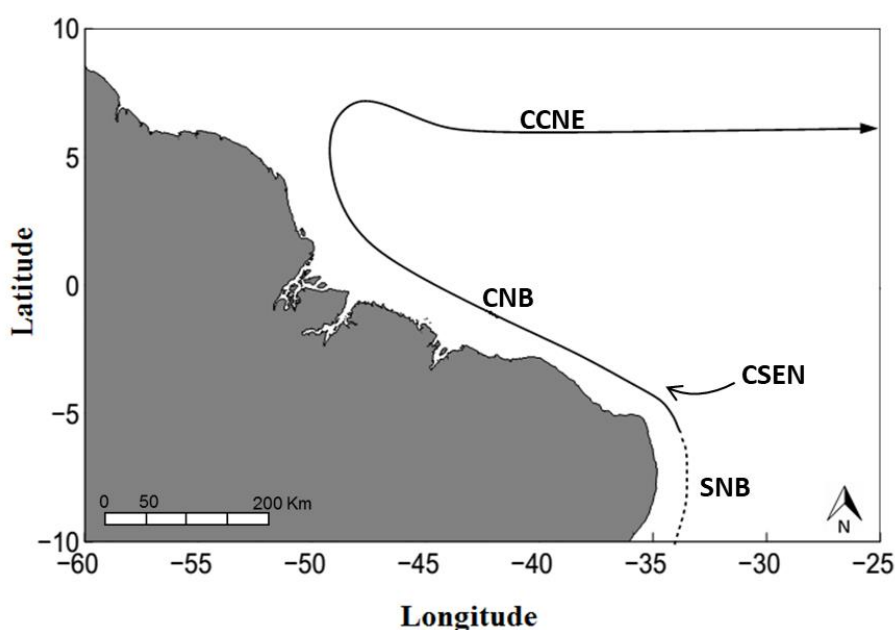


Figura 2: A Corrente Norte do Brasil (CNB) flui no sentido da quebra da Plataforma do Amazonas, sobre o Talude, retroflete entre 5 e 10°N alimentando a Contracorrente Norte-Equatorial (CCNE) [Subcorrente Norte do Brasil (SNB) segue a Costa Nordeste brasileira em subsuperfície e juntamente com a Corrente Sul Equatorial Norte (CSEN) formam a CNB]. Fonte: Krelling, 2010 (baseado em GOES et al., 2005).

As correntes de superfície do oceano, especialmente a CNB, são os principais fatores que influenciam padrões de dispersão da pluma do rio (MULLER-KARGER et al., 1988; SILVA et al., 2005, 2009; MOLLERI et al., 2010). No geral, podem ser identificados três padrões de dispersão sazonais distintos para a pluma do Amazonas (Figura 3): (1) no sentido noroeste da costa da América do Sul, incluindo a plataforma continental, de janeiro a abril; (2) a região do Caribe, de abril a julho; e (3) no sentido leste ao Oceano Atlântico Central Equatorial, de agosto a dezembro (MOLLERI et al., 2010).

A vazão do Rio Amazonas varia sazonalmente em torno de $220.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ em maio (período de cheia) e de $100.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ em novembro (período de seca) (GEYER et al., 1996; SILVA et al., 2009; MOLLERI et al., 2010). Na região, registra-se apenas uma estação chuvosa, de dezembro a maio (período de cheia do Rio Amazonas); e uma estação menos chuvosa, de junho a novembro (período de seca ou ‘vazante’ do Rio Amazonas) (RAO e HADA, 1990).

O resultado das interações entre a descarga do sistema amazônico, a atuação dos ventos e as correntes oceânicas superficiais controlam os processos pelágicos na Costa Norte brasileira, sendo evidente a influência destes fatores na dinâmica e na biomassa planctônica na Plataforma Amazônica e área oceânica adjacente (DAGG et al., 2004; SANTOS et al., 2008; MOLLERI et al., 2010; GOES et al., 2014; CONROY et al., 2016).

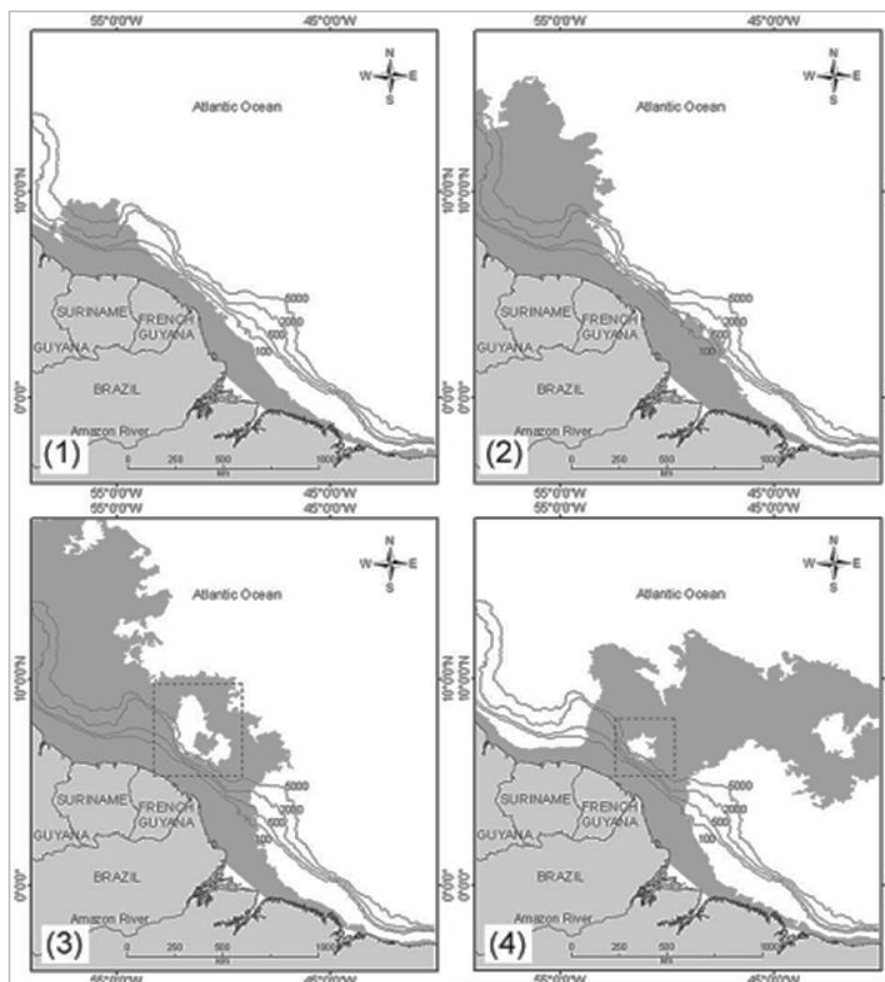


Figura 3: Dispersão da pluma dos Rios Amazonas e Orinoco no Oceano Atlântico: 1 - próxima à costa e no sentido noroeste da América do Sul (fevereiro). 2, 3 - seguindo para a região do Caribe (maio e junho); e 4 - para o Oceano Atlântico Central Equatorial (setembro e outubro). As duas áreas pontilhadas representam anéis de retroflexão na Corrente Norte do Brasil (Fonte: MOLLERI et al., 2010).

O conhecimento do ecossistema da Plataforma Continental do Amazonas é proveniente, em sua maioria, de expedições realizadas por programas de pesquisas internacionais e nacionais como AMASSEDS, REVIZEE, PIATAM e mais recentemente, o INCT-AmbTropic. O programa internacional (Brasil - Estados Unidos) ‘Multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study’ (AMASSEDS, 1989-1991) estudou os processos sedimentares químicos, físicos e biológicos (fitoplâncton e bentos) que ocorrem ao longo da plataforma continental próximo a foz do Rio Amazonas (NITTROUER et al., 1991a, b; ALLER e STUPAKOFF, 1996; SMITH Jr e DeMASTER, 1996; BRANDINI et al., 1997).

O programa nacional ‘Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva’ (REVIZEE, 1994-2006), sob a responsabilidade do IBAMA/MMA, objetivou identificar os potenciais estoques pesqueiros do país e suas estratégias de exploração em toda a Plataforma Continental do Brasil (entre 12 e 500 milhas da costa) (BRANDINI et al., 1997). O programa REVIZEE/Subcomitê da Região Norte, foi um importante fornecedor de dados uma vez que realizou um levantamento inédito dos recursos biológicos e pesqueiros (JABLONSKI et al., 2006; HAIMOVICI, 2007) e os fatores ambientais correlacionados (SILVA et al., 2005a, b, 2009, 2010; SANTOS et al., 2008), com destaque para os levantamentos de crustáceos (adultos) realizados na plataforma continental (CINTRA et al., 2003; RAMOS-PORTO et al., 2003; SILVA et al., 2002a, b, 2003a, b, 2013; VIANA et al., 2003).

O programa PIATAM ‘Monitoramento das Áreas de Atuação da Petrobras: Potenciais Impactos e Riscos Ambientais da Indústria do Petróleo e Gás no Amazonas, financiado majoritariamente pela Petrobrás desde o ano 2000, é um amplo projeto de pesquisa socioambiental criado para monitorar as atividades de produção e transporte de petróleo e gás natural na Amazônia. Neste âmbito, PIATAM-Mar (2004-2008) e PIATAM-Oceano (2006-2010) foram de suma importância para o conhecimento da costa amazônica e área oceânica adjacente (SOUZA-FILHO et al., 2009), destacando aqui, as revisões sobre o zooplâncton (COSTA e COSTA, 2008) sobre os crustáceos da plataforma continental (SILVA e CINTRA, 2008).

Mais recentemente, através do INCT-AmbTropic, foi observada a distribuição do fitoplâncton no continuum estuário-oceano, onde as diatomáceas foram responsáveis pelas altas densidades na região costeira da PCA e as cianobactérias filamentosas e os cocolitoforídeos predominaram na área oceânica (LOURENÇO, 2016 - dados não publicados) e a presente tese, com a distribuição dos camarões planctônicos da PCA.

1.3. A pesca de camarões na costa Norte do Brasil

Dentre os camarões Dendrobranchiata, os Penaeidae são intensamente explorados pela pesca artesanal nos estuários e pela pesca industrial no mar, no Norte do Brasil. O camarão-rosa *F. subtilis* é considerado a espécie de maior importância para a balança comercial do Estado do Pará, sendo explorado juntamente com *X. kroyeri* e *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (SEPAQ, 2008). Os camarões *Acetes* (Sergestidae), conhecidos na região norte como ‘aviú’, apresentam grande importância nutritiva e econômica para a população, sendo explorados pela pesca artesanal nos estuários e água doce (SEPAQ, 2008; PIMENTEL e MAGALHÃES, 2014).

A pesca artesanal é realizada em águas rasas, estuários e baías por barcos de pequeno e médio porte, com diferentes apetrechos de pesca, como puçá-de-arrasto, tarrafa, arrastos de praia e armadilhas (matapi) (JABLONSKI et al., 2006; BENTES et al., 2012a). No Pará, os desembarques ocorrem em diferentes comunidades ao longo da costa e são importantes fontes de renda e de alimento. Há poucas informações sobre a pesca em pequena e média escala na região e não existem estatísticas de desembarques confiáveis disponíveis (DIAS NETO, 2011; ARAGÃO et al., 2013). A produção da pesca artesanal é destinada exclusivamente ao mercado regional (BENTES et al., 2012b).

A pesca industrial é realizada na Plataforma Continental desde Tutóia (Maranhão) até a fronteira do Brasil com a Guiana Francesa (IBAMA, 1994), com uma frota formada por 185 embarcações, na faixa entre 25 e 75 metros de profundidade (MPA, dados de 2008-2009). O camarão-rosa *F. subtilis* representa mais de 95% das capturas industriais, acompanhado de *X. kroyeri*, *F. brasiliensis* e *L. schmitti* (ISAAC et al., 1992; ARAGÃO et al., 2013). Em áreas profundas, são capturadas as espécies *Aristaeopsis edwardsiana* (Johnson, 1868) e *Aristeus antillensis* A. Milne-Edwards & Bouvier, 1909, que apresentam potencial econômico, mas não estão explorados comercialmente no Pará (LUCENA e ASANO-FILHO, 2006). A pesca camaroeira industrial abastece principalmente o mercado internacional (BENTES et al., 2012b), sendo elemento importante na balança comercial do Pará.

Os dados de desembarques do camarão-rosa pela pesca industrial apresentam grandes oscilações desde o início das capturas na década de 70 do século passado (com embarcações brasileiras) até os dias atuais (ISAAC et al., 1992; ARAGÃO, 2012), mostrando a fragilidade do estoque e evidências de ter entrado em uma fase de sobrepesca (ARAGÃO, 2012). O entendimento acerca da biologia e ecologia das populações de camarões, em todas as fases de desenvolvimento (adultos e larvas), se faz necessário para manter o equilíbrio dos estoques e

garantir a sustentabilidade econômica dos recursos, destacando a importância da inclusão da biologia larval em estudos ecológicos e pesqueiros.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Investigar a composição taxonômica e a distribuição espacial e temporal dos camarões Dendrobranchiata (Sergestoidea e Penaeoidea) presentes no plâncton e relacionar a densidade dos táxons com os fatores ambientais, a fim de explicar os padrões de distribuição na Plataforma Continental do Amazonas (PCA).

2.2. Específicos

- Identificar a composição taxonômica e estimar a densidade dos camarões Sergestoidea e Penaeoidea presentes no plâncton;
- Investigar os fatores ambientais ou conjunto de fatores que influenciam a distribuição espacial e temporal destes camarões;
- Identificar os diferentes estágios das larvas dos camarões e verificar como os estágios larvais se distribuem no espaço-tempo na PCA.

2.3. Hipóteses

- H_1 : Existe variação na composição e na densidade dos camarões em relação aos meses e à distância da costa, sendo esperado mais táxons e maiores densidades mais próximo à quebra de plataforma e em período menos chuvoso.
- H_1 : Existe variação significativa na distribuição espacial e temporal entre a abundância dos diferentes estágios larvais dos camarões Dendrobranchiata (mysis e pós-larvas), sendo dependente do habitat do adulto e da época reprodutiva de cada espécie.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

O presente estudo faz parte do projeto multidisciplinar e multicêntrico INCT-Ambientes Marinhos Tropicais, grupo 2.2: Variabilidade Espaço-Temporal da Diversidade e Estrutura Trófica do Ambiente Pelágico na Plataforma Continental ao Largo do Norte e Nordeste do Brasil, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq (processo nº 565054/2010-4) (maiores detalhes em: <http://inct.cnpq.br/web/inct-ambtropic> e <http://www.inctambtropic.org/grupos-de-trabalho/plataforma-continental--/variabilidade-espaco-tempor.html>).

A área de estudo compreende a Plataforma Continental do Amazonas (PCA), entre a Foz do Rio Amazonas e a Foz do Rio Pará, partindo-se da zona costeira da Ilha do Marajó (município de Soure) até a quebra da Plataforma Continental (Talude). As amostragens foram realizadas sazonalmente, sete (7) vezes, no período de julho/2013 a janeiro/2015 em seis (6) locais de coleta (Tabela 2, Figura 4). Foram analisadas 42 amostras: 7 expedições ao longo de dois anos (julho/13, outubro/13, janeiro/14, maio/14, julho/14, outubro/14, janeiro/15) x 6 locais na Plataforma Continental.

Tab. 2: Coordenadas geográficas, profundidades e distâncias estimada em relação ao continente.

Locais	Coordenadas Geográficas		Profundidade (metros)	Distância em relação ao continente (km)
	Latitude	Longitude		
1	0° 10' 28" S	48° 12' 13" W	13	23
2	0° 01' 39" N	47° 57' 44" W	22	53
3	0° 13' 46" N	47° 43' 23" W	32	83
4	0° 44' 30" N	47° 07' 40" W	42	158
5	1° 00' 27" N	46° 48' 59" W	57	198
6	1° 14' 38" N	46° 32' 08" W	80	233

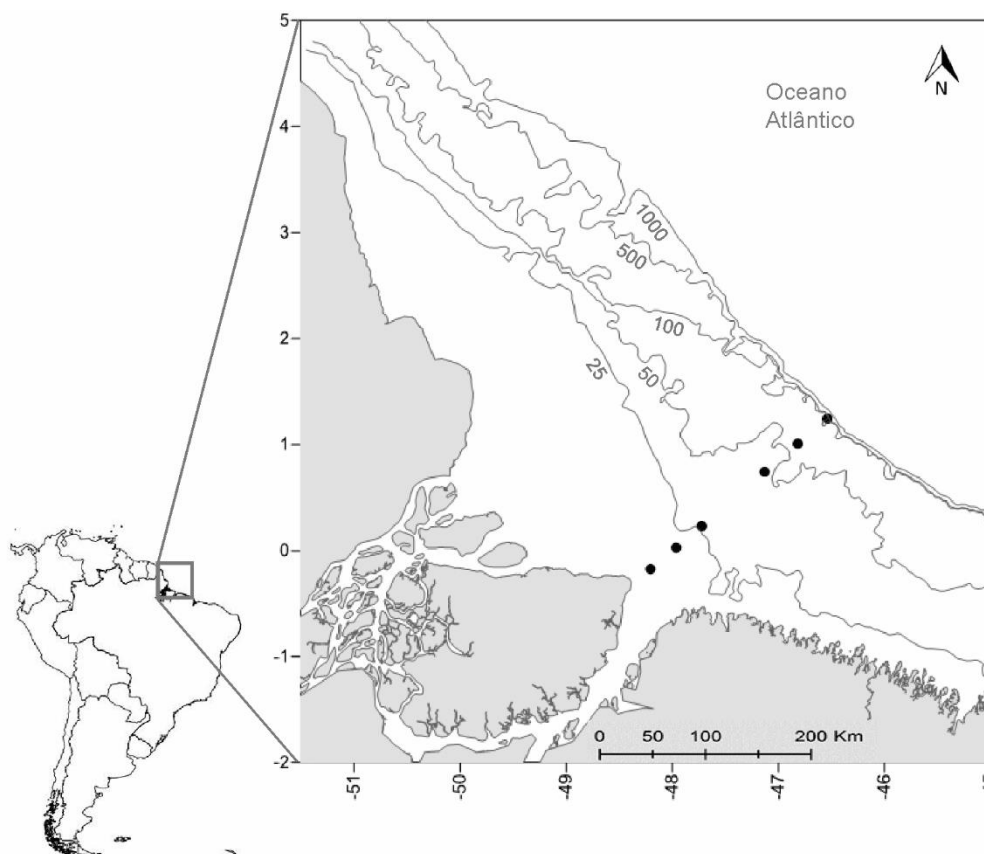


Figura 4: Mapa da Costa Norte do Brasil com os locais amostrados (pontos pretos).

3.2. Procedimentos em campo e em laboratório

As amostras foram obtidas através de arrastos com rede de plâncton cônico-cilíndrica, com malha de 200 μm (dimensões: 2 m de comprimento com 30 cm de diâmetro de abertura da rede), nas marés de sizígia. Na abertura de cada rede foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics ou Hydrobios) para o posterior cálculo de volume de água filtrada durante as amostragens. Foram realizados arrastos oblíquos, efetuados em ‘V’, buscando estender-se até 75% da profundidade local. Cada arrasto teve a duração aproximada de cinco (5) minutos e com a velocidade do barco de aproximadamente dois nós ($\approx 4 \text{ km/h}$).

As amostras foram acondicionadas em frascos de 500 mL e fixadas a bordo com formaldeído, tamponado com tetraborato de sódio, com solução final de formol a 4%. Simultaneamente à obtenção das amostras de zooplâncton, foram registrados dados abióticos de cada local com um perfilador CTD (Hydrolab DS 5), com sensores específicos para temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade e clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}$). Todas as informações necessárias para cada local amostrado foram registradas em planilhas de campo (coordenadas geográficas, profundidade, data, hora, duração de arrasto, dados do fluxômetro e outros).

Em laboratório, as amostras foram fracionadas com um subamostrador do tipo Folsom, em alíquotas menores (fração de 1/2) e posteriormente foram triadas com um estereomicroscópio óptico. As larvas de camarão foram identificadas até o menor nível taxonômico possível, sob microscópio óptico equipado com disco micrométrico, utilizando artigos científicos sobre desenvolvimento larval e literatura específica (BROOKS, 1882; COOK, 1964; BOSCHI, 1981; CALAZANS, 1993; OSHIRO e OMORI, 1996; SANTOS e LINDLEY, 2001; MARTIN et al., 2014). As pós-larvas também foram medidas sob estereomicroscópio óptico (ZEISS StereoDiscovery) com o programa AxioVision® v4.8 para auxiliar na identificação taxonômica.

3.3. Análise de dados

Foi efetuada a contagem dos camarões encontrados nos estágios larvais de zoea (ou mysis) e decapodito (ou pós-larvas); e nos estágios mais avançados de juvenis e adultos (estes últimos apenas para os representantes de Sergestoidea). Não foram contados os estágios naupliares e de protozoa, pois devido o tamanho da malha utilizada, a abundância destes organismos poderia ser muito subestimada para a maioria das famílias de camarões. Para o cálculo da densidade, o número de indivíduos de camarões encontrados foi multiplicado pelo fator de subamostragem e depois foi estimado em número de organismos por m³ (org/m³), segundo a fórmula $D = n/v$, onde: D = densidade absoluta; n = número total de indivíduos de determinada espécie/grupo e v = volume de água filtrada pela rede de plâncton.

O volume de água filtrada durante as amostragens foi calculado a partir do número de rotações obtidos através da diferença dos valores registrados no fluxômetro antes de colocar a rede na água (FI-valor inicial); e depois de cada arrasto (FF-valor final), seguindo a fórmula $V = A \times R \times C$, onde: V = volume de água filtrada (m³), A = área de abertura da rede (m²), R = número de rotações do fluxômetro e C = fator de aferição após calibração do fluxômetro.

A frequência de ocorrência (FO) dos camarões foi calculada considerando o número de amostras onde cada táxon ocorreu em relação ao número total de amostras, de acordo com a fórmula $FO = (Ta \times 100)/TA$, onde: Ta = número de amostras que determinado táxon ocorre e TA = total de amostras coletadas. Foram distinguidas quatro categorias em função da frequência de ocorrência: muito frequente (>70%), frequente ($\leq 70\%$ e $\geq 40\%$), pouco frequente (<40% e $\geq 10\%$) e esporádica (<10%). A frequência de ocorrência dos camarões em função da distância da costa também foi calculada e posteriormente, testada com um Qui-Quadrado (χ^2). Buscando

verificar se houve tendência crescente ($A > 0$) ou decrescente ($A < 0$) nas proporções destas frequências, com auxílio do programa Bioestat[®] 5.0 (AYRES et al., 2007).

Os dados de vazão do Rio Amazonas, da estação de Óbidos-Pará, foram obtidos no site Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>), disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA). Não foram utilizados dados de vazão de estações fluvimétricas do Rio Pará, tampouco de estações mais próximas ao local de coleta devido a ausência das informações ou ausência de continuidade dos dados fornecidos para o período deste estudo.

A representação da variação espacial da temperatura (°C), salinidade e clorofila-*a* (µg/L) foi realizada com a elaboração de mapas de contorno, utilizando o programa Surfer[®] 9.0 (GOLDEN SOFTWARE INC., 2005). Foi utilizado o método de interpolação de krigagem, por apresentar melhor precisão e fidelidade aos dados, bem como uma boa suavidade das curvas em relação aos demais métodos (LANDIM, 2003). Foram destacadas isolinhas para os fatores ambientais mencionados acima, sendo que o fator salinidade foi categorizado conforme Seidel *et al.* (2015), em faixas de salinidades que caracterizam a pluma do Rio Amazonas: em pluma interna ou estuarina ($0 < S \leq 20$), pluma intermediária ($20 < S \leq 31$), pluma externa ($31 < S \leq 36$), e águas oceânicas ($S > 36$).

A estatística descritiva foi efetuada para os valores de densidade e para os fatores ambientais, bem como foi verificada a normalidade e a homocedasticidade das variáveis com os testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Mesmo depois de aplicadas as transformações de logaritmização ou raiz quarta, não obtivemos os pressupostos de normalidade para a variável densidade. As variáveis vazão, temperatura (°C), salinidade e clorofila-*a* (µg/L) apresentaram normalidade e homocedasticidade. A comparação da variação da vazão entre os meses e a comparação entre os demais fatores abióticos e a distância da costa e os meses, foi efetuada com uma ANOVA um critério, todos seguidos do teste *a posteriori* de Tukey.

Para comparar a variação da densidade dos camarões entre os meses e a distância da costa foram utilizadas análises de Kruskal-Wallis. A comparação da densidade dos camarões entre os anos amostrados e os períodos de maior/menor vazão do Rio Amazonas foi realizada com o teste de Mann-Whitney par-a-par. As análises univariadas foram realizadas no programa Statistica[®] 12.7 (STATSOFT INC., 2015), com o nível de significância de 5%.

Para verificar a distribuição da assembleia dos camarões em relação as variáveis explanatórias (fatores ambientais, meses e distância da costa) foi realizada uma Análise de Redundância Canônica (RDA), conforme Borcard et al. (2011), usando o pacote ‘Vegan’ no programa R (OKSANEN et al., 2013). Para esta análise, a matriz de dados ambientais (vazão,

salinidade, temperatura e clorofila-*a*) foi transformada com o método ‘Standardization’ e a matriz de densidade dos camarões (por estágios de desenvolvimento e famílias) foi transformada pelo método de Hellinger. Este método é recomendado para agrupamentos ou ordenações de dados de abundância de espécies, uma vez que não é influenciado pelos zeros da matriz e diminui a importância dos grupos mais abundantes (LEGENDRE e BIRKS, 2012). Posteriormente, para testar a significância da RDA foi realizada uma ANOVA permutacional, 999 permutações, adotando o nível de significância de 5%.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB’SÁBER, A.N. 2010. Zoneamento fisiográfico e ecológico do espaço total da amazônia Brasileira. **Estudos avançados**, 24(68): 15-24.
- 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.). Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, 3148: 165-191.
- ALLER, J.Y.; STUPAKOFF, I. 1996. The distribution and seasonal characteristics of benthic communities on the Amazon shelf as indicators of physical processes. **Continental Shelf Research**, 16(5/6): 717-751.
- ARAGÃO, J.A.N. 2012. **Dinâmica populacional e avaliação do estoque do camarão-rosa (*Farfantepenaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967) na Plataforma Continental Amazônica Brasileira**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 242p.
- ARAGÃO, J.A.N.; CINTRA, I.H.A.; SILVA, K.C.A. 2013. Shrimp fishery on the amazon continental shelf: present situation and level of exploitation of the stocks. In: Case study on shared stocks of the shrimp and groundfish fishery of the Guianas-Brazil shelf. **FAO: CLME Case Study on shrimp and groundfish. Report No.9**. 69-82p.
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. 2007. **BioEstat: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas**. Vol 5, Belém, Pará, Brasil, 364 p.
- BAPTISTA-METRI, C. 2007. **Biologia pesqueira de *Artemesia longinaris* Bate, 1988 (Decapoda, Dendrobranchiata, Penaeidae) e de *Pleoticus muelleri* (Bate, 1988) no Sul do Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 245p.

- BARROS, M.P.; PIMENTEL, F.R.A. 2001. Fauna de Decapoda (Crustacea) do Estado do Pará, Brasil: lista preliminar das espécies. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Zoologia**, 17(1): 15-41.
- BENTES, B.S.; CAÑETE, V.R.; PEREIRA, L.J.G.; MARTINELLI-LEMOES, M.J.; ISAAC, V.J. 2012a. Descrição socioeconômica da pesca do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da costa Norte do Brasil: o caso da Ilha do Mosqueiro (PA). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 25(1): 21-30.
- BENTES, B.S.; ISAAC, V.J.; ESPÍRITO-SANTO, R.V.; FRÉDOU, T.; ALMEIDA, M.C.; MOURÃO, K.R.M.; FRÉDOU, F.L. 2012b. Multidisciplinary approach to identification of fishery production systems on the northern coast of Brazil. **Biota Neotropica**, 12 (1): 81-92.
- BORCARD, B.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. 2011. Numerical Ecology with R. Use R! Serie. ©Springer Science+Business Media, LLC. 319pp. DOI 10.1007/978-1-4419-7976-6.
- BOSCHI, E.E. 1974. Biología de los crustáceos cultivables en America Latina. **FAO: Informes de Pesca**, 2(159): 73-95.
- BOSCHI, E.E. 1981. Larvas de Crustacea Decapoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino**. Argentina: INIDEP. 699-758p.
- BOWMAN, T.E.; MCCAIN, J.C. 1967. Distribution of the planktonic shrimp, *Lucifer*, in the Western North Atlantic. **Bulletin of Marine Science**, 17(3): 660-671.
- BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K.S.; SPACH, H.L.; SASSI, R. 1997. **Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil: Diagnose e Revisão Bibliográfica. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva**. MMA/CIRM/Femar. 196p.
- BROOKS, W.K. 1882. *Lucifer*: a study in morphology. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, 173: 57-137.
- CALAZANS, D. 1993. Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the Southern Brazilian Coast. **Nauplius**, 1: 45-62.
- CARPENTER, K.E. (Ed.). 2002. **The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras**. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication No. 5. Rome, FAO. 600p.
- CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIRES, J. M.; ROBAINA G.; RODRIGUEZ, B. 1992. **Guia**

- de Campo de las Especies Comerciales Marinas y de Aguas Salobres de la Costa Septentrional de Sur America.** Fichas FAO de Identificación de especies para los fines de la pesca. Preparado com el financiamento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. Roma, FAO. 513p.
- CINTRA, I.H.A.; SILVA, K.C.A.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G.F.S. 2003. Siris capturados durante pescarias experimentais para o Programa Revizee/Norte (Crustacea, Brachyura, Portunidae). **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 3(1): 53-75.
- CINTRA, I.H.A.; ARAGÃO, J.A.N.; SILVA, K.C.A. 2004. Maturação gonadal do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967) na Região Norte do Brasil. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 4: 21-29.
- CONROY, B.J.; STEINBERG, D.K.; STUKEL, M.R.; GOES, J.I.; COLES, V.J. 2016. Meso- and microzooplankton grazing in the Amazon River plume and western tropical North Atlantic. **Limnology and Oceanography**, 61: 825-840.
- COOK, H.L. 1964. Clave genérica para la identificación de protozoas, mysis y fases postlarvárias de peneidos litorales del noroeste del Golfo de México. **Fishery Bulletin**, 65, 437-447.
- COSTA, R.M.; COSTA, K.G. 2008. **Síntese do conhecimento sobre o zooplâncton da plataforma e região oceânica equatorial adjacente:** Estado atual do conhecimento do zooplâncton marinho. Relatório PIATAM oceano, 20p.
- DAGG, M.; BENNER, R.; LOHRENZ, S.; LAWRENCE, D. 2004. Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. **Continental Shelf Research**, 24: 833-858.
- DALL, W.; HILL, B.J.; ROTH LISBERG P.C.; SHARPLES D.J. (Ed). 1990. The Biology of the Penaeidae. **Advances in Marine Biology**, 27: 1-489.
- DE GRAVE, S.; FRANSEN, C.H.J.M. 2011. Carideorum catalogus: the recent species of the Dendrobranchiata, Stenopodidean, Procarididean and Caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). **Zoologische Mededelingen** 85, 195-588.
- DIAS NETO, J. 2011. **Proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável de Camarões Marinhos no Brasil.** IBAMA, Brasília, 242 pp.
- D'INCAO, F. 1995. **Taxonomia, Padrões Distribucionais e Ecologia dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Litoral Brasileiro.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Paulo, 365p.
- D'INCAO, F. 1997. Espécies do gênero *Lucifer* Thompson, 1829 no litoral brasileiro (Decapoda: Luciferidae). **Nauplius**, 5 (2): 139-145.

- DUMONT, L.F.C.; D'INCAO, F. 2008. Distribution and abundance of the Argentinean (*Artemesia longinaris*) and red (*Pleoticus muelleri*) prawns (Decapoda: Penaeoidea) in Southern Brazil during the commercial double-rig trawl fishery season. **Nauplius**, 16(2): 83-94.
- ESPÍRITO-SANTO, R.V.; ISAAC, V.J.; SILVA, L.M.A.; MARTINELLI, J.M.; HIGUCHI, H.; SAINT-PAUL, U. 2005. **Peixes e Camarões do Litoral Bragantino**. Pará: MADAM. 268p.
- 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.
- GEYER, W.R.; BEARDSLEY, R.C.; LENTZ, S.J.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; JOHNS, W.E.; CASTRO, B.M.; SOARES, I.D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**, 16: 575-616.
- GOES, J.I.; GOMES, H.R.; CHEKALYUK, A.M.; CARPENTER, E.J.; MONTOYA, J.P.; COLES, V.J.; YAGER, P.L.; BERELSON, W.M.; CAPONE, D.G.; FOSTER, R.A.; STEINBERG, D.K.; SUBRAMANIAM, A.; HAFEZ, M.A. 2014. Influence of the Amazon River discharge on the biogeography of phytoplankton communities in the western tropical north Atlantic. **Progress in Oceanography**, 120: 29-40.
- GOLDEN SOFTWARE, INC. 2005. **Surfer® User's Guide Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers**. Version 9.0. (<http://www.goldensoftware.com/>).
- HAIMOVICI, M. (Org). 2007. **A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990**: Levantamento de dados e Avaliação Crítica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, 330 p.
- IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1994. **Camarão Norte e Piramutaba: Relatórios de reuniões dos grupos permanentes de estudos**. Brasília: IBAMA. Coleção Meio Ambiente, Série Estudos-Pesca nº 9, 148p.
- ISAAC, V.J.; DIAS NETO, J.; DAMACENO, F.G. 1992. **Biologia e Dinâmica de Populações e Administração Pesqueira do camarão-rosa *Penaeus subtilis* da Região Norte do Brasil**. Coleção Meio Ambiente, Série Estudos de Pesca, IBAMA, Brasília, 187 p.
- JABLONSKI, S. (COORD.); MARTINS, A.S.; AMARAL, A.C.Z.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; HAZIN, F.H.V.; FREDOU, F.L.; OLAVO, G.; VALENTIN, J.L.; MADUREIRA, L.S.P.; EL-ROBRINI, M.; HAIMOVICI, M.; CERGOLE, M.C.; ASANO-FILHO, M.; COSTA, P.A.S.; VIEIRA, R.C.; BERNARDES,

- R.A.; LESSA, R.P. 2006. **Programa REVIZEE: Relatório Executivo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 279 p.
- KRELLING, A.P.M. 2010. **A estrutura vertical dos vórtices da Corrente Norte do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio De Janeiro, 74p.
- LANDIM, P.M.B. 2003. Análise estatística de dados geológicos. 2 Ed. São Paulo: UNESP, 259p.
- LEGENDRE, P.; BIRKS, H.J.B. 2012. From classical to canonical ordination. Chapter 8, In: BIRKS, H.J.B.; LOTTER, A.F.; JUGGINS, S.; SMOL, J.P. [Eds]. **Track-ing Environmental Change using Lake Sediments**, Volume 5: Data handling and numerical techniques. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp. 201-248.
- LONGHURST, A.R. 1985. The structure and evolution of plankton communities. **Progress in Oceanography**, 15: 1-35.
- LOURENÇO, C.B. 2016. **O fitoplâncton na Zona Costeira Amazônica Brasileira: Biodiversidade, distribuição e estrutura no continuum estuário-oceano**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 151p.
- LUCENA, F.M.; ASANO-FILHO, M. 2006. RECURSOS PESQUEIROS DA REGIÃO NORTE. IN: JABLONSKI, S. (COORD.). MARTINS, A.S.; AMARAL, A.C.Z.; ÁVILA-SILVA, A.O.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; HAZIN, F.H.V.; FREDOU, F.L.; OLAVO, G.; VALENTIN, J.L.; MADUREIRA, L.S.P.; EL-ROBRINI, M.; HAIMOVICI, M.; CERGOLE, M.C.; ASANO-FILHO, M.; COSTA, P.A.S.; VIEIRA, R.C.; BERNARDES, R.A.; LESSA, R.P. **Programa REVIZEE: Relatório Executivo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 121-152.
- MARTIN, J.W.; CRIALES, M.M.; SANTOS, A. 2014. Dendrobranchiata. In: MARTIN, J.W.; OLESEN, J.; HØEG J.T. [Ed] **Atlas of Crustacean Larvae**. Johns Hopkins University Press: Baltimore, p. 235-242.
- MARTINELLI, J.M. 2005. **Estrutura populacional dos camarões Penaeidae no estuário do Rio Caeté, litoral Norte do Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, 174p.
- 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. *Braz. J. Biol.*, 74, 45–51.
- MIKHAILOV, V.N. 2010. Water and Sediment Runoff at the Amazon River Mouth. **Water Resources**, 37(2): 145-159.

- MOLLERI, G.S.F.; NOVO, E.M.L.M.; KAMPEL, M. 2010. Space-time variability of the Amazon River plume based on satellite ocean color. **Continental Shelf Research**, 30: 342-352.
- MPA, Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura no Brasil anos 2008 e 2009**. Brasília, Brasil. 99p.
- MÜLLER-KARGER, F.E.; MCCLAIN, C.R.; RICHARDSON, P. 1988. The dispersal of Amazon's water. **Nature**, 333: 56-59.
- NASCIMENTO JR, W.R.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; PROISY, C.; LUCAS, R.M.; ROSENQVIST, A. 2013. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine Coastal Shelf Science**, 117, 83-93.
- NITTROUER, C.A.; DEMASTER, D.J.; FIGUEIREDO, A.G.; RINE, J.M. 1991a. AMASSEDs: An Interdisciplinary Investigation of a Complex Coastal Environment. **Oceanography**, 4(1): 3-7.
- NITTROUER, C.A.; KUEHL, S.A.; RINE, J.M.; FIGUEIREDO, A.G.; FARIA, L.E.C.; DIAS, G.T.M.; SILVA, M.A.M.; ALLISON, M.A.; PACIONI, T.D.; SEGALL, M.P.; UNDERKOFFLER, E.C.; BORGES, H.V.; SILVEIRA, O.F. 1991b. Sedimentology and Stratigraphy of the Amazon Continental Shelf. **Oceanography**, 4(1): 33-38.
- NITTROUER, C.A.; DEMASTER, D.J. (Eds). 1996. Oceanography of the Amazon Continental Shelf. **Continental Shelf Research**, 16(5/6): 551-841.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. 2017. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- OMORI, M. 1975. The systematics, biogeography, and fishery of epipelagic shrimps of the genus *Acetes* (Crustacea, Decapoda, Sergestidae). **Bulletin of the Ocean Research Institute University of Tokyo**, 7:1-91.
- OSHIRO, L.M.Y.; OMORI, M. 1996. Larval Development of *Acetes americanus* (Decapoda: Sergestidae) at Paranaguá and Laranjeiras Bays, Brazil. **Journal Crustacean Biology**, 16 (4): 709-729.
- PIMENTEL, F.R.; MAGALHÃES, C. 2014. Palaemonidae, Euryrhynchidae, and Sergestidae (Crustacea: Decapoda): Records of native species from the states of Amapá and Pará, Brazil, with maps of geographic distribution. **Check List**, 10 (6): 1300-1315.

- PINTO-MARQUES, A.S. 2009. **Distribuição espaço-temporal das larvas de camarões (decapoda) no estuário do Rio Marapanim, Pará, litoral Norte do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 63p.
- POORE, G.C.B.; AHYONG, S.T. 2004. **Marine Decapod Crustacea of Southern Australia: A Guide to Identification**. CSIRO Publishing. 616 p.
- R CORE TEAM. 2017. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RAMOS-PORTO, M.; MUNIZ, A.P.M.; SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A. VIANA, G.F.S. 2003. Camarões da Subordem Pleocyemata Burkenroad, 1963 capturados durante pescarias experimentais para o Programa Revizee/Norte (Crustacea, Decapoda). **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 3 (1): 77-106.
- RAO, V.B. HADA, K. 1990. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, 42(2): 81-91.
- RICHARDSON, P.L.; HUFFORD, G.; LIMEBURNER, R.; BROWN, W. 1994. North Brazil Current retroflection eddies. **Journal of Geophysical Research**, 99(3): 5081-5093.
- SANTOS, A.; LINDLEY, J. A. 2001. Crustacea: Decapoda: Larvae II. Dendrobranchiata (Aristeidae, Benthescymidae, Penaeidae, Solenoceridae, Sicyoniidae, Sergestidae and Luciferidae). In: LINDLEY, J.A. **Fiches d'Identification du Plancton, LEAFLET n°186**. ICES Identification Leaflets for Plankton, 1-9p.
- SANTOS, M.C.F.; COELHO, P.A.; PORTO, M.R. 2006. Sinopse das informações sobre a biologia e pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, 14(1): 141-178.
- SANTOS, M.L.S.; MEDEIROS, C.; MUNIZ, K.; FEITOSA F.A.N.; SCHWAMBORN, R.; MACEDO, S.J. 2008. Influence of the Amazon and Pará rivers on water composition and phytoplankton biomass on the adjacent shelf. **Journal of Coastal Research**, 24(3): 585-593.
- SEIDEL. M.; YAGER, P.L.; WARD, N.D.; CARPENTER, E.J.; GOMES, H.R.; KRUSCHE, A.V.; RICHEY, J.E.; DITTMAR, T.; MEDEIROS, P.M. 2015. Molecular-level changes of dissolved organic matter along the Amazon River-to-ocean continuum. **Marine Chemistry**, 177: 218-231.

- SEPAQ, Secretaria de Estado de Pesca e Aquicultura. 2008. **Diagnóstico da Pesca e da Aquicultura do Estado do Pará: diagnóstico, tendência, potencial e política pública para o desenvolvimento do setor industrial**. Vol 1 de 7. Pará: SEPAQ, 128p.
- SILVA, A.C.; ARAÚJO, M.; MEDEIROS, C.; SILVA, M.; BOURLES, B. 2005a. Seasonal changes in the mixed and barrier layers in the western equatorial Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, 53(3/4): 83-98.
- SILVA, A.C.; ARAÚJO, M.; BOURLES, B. 2005b. Variabilidade Sazonal da Estrutura de Massas de Água na Plataforma Continental do Amazonas. **Revista Brasileira de Geofísica**, 23(2): 145-157.
- SILVA, A.C.; SANTOS, M.L.S.; ARAUJO, M.C.; BOURLES, B. 2009. Observações hidrológicas e resultados de modelagem no espalhamento sazonal e espacial da pluma de água Amazônica. **Acta Amazonica**, 39(2): 361-370.
- SILVA, A.C.; ARAUJO, M.; BOURLÈS, B. 2010. Seasonal variability of the Amazon river plume during Revizee program. **Tropical Oceanography**, 38(1): 76-87.
- SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A. 2008. **Crustáceos da Costa Norte do Brasil**. Relatório Técnico PIATAM oceano, 45 p.
- SILVA, K.C.A.; MUNIZ, A.P.M.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G.F.S.; CINTRA, I.H.A. 2002a. Camarões da Superfamília Penaeoidea Rafinesque, 1815, capturados durante pescarias experimentais para o Programa Revizee/Norte (Crustacea: Decapoda). **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 2(1): 9-40.
- SILVA, K.C.A.; RAMOS-PORTO, M.; CINTRA, I.H.A.; MUNIZ, A.P.M.; SILVA, M.C.N. 2002b. Crustáceos capturados durante o programa Revizee na Costa Norte Brasileira. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 2(1): 97-108.
- SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G.F.S. 2003a. Lagostas capturadas durante pescarias experimentais para o Programa Revizee/Norte (Crustacea, Nephropoidea, Eryonoidea, Palinuroidea). **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 3(1): 21-35.
- SILVA, K.C.A.; MUNIZ, A.P.M.; VIANA, G.F.S.; ANICETO, I.H.; RAMOS-PORTO, M. 2003b. Espécies de estomatópodes capturadas na pesca industrial do camarão-rosa e no Programa Revizee, na região Norte do Brasil (Crustacea, Stomatopoda). **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, 3(1): 37-51.
- SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A.; MARTINS, D.E.G.; ABRUNHOSA, F.A. 2013. Diversity and structure of the Stomatopod (Crustacea) community on the Amazon continental shelf. **Zoologia: An International Journal for Zoology**, 30 (2): 191-199.

- SMITH Jr., W.O.; DEMASTER, D.J. 1996. Phytoplankton biomass and productivity in the Amazon River plume: correlation with seasonal river discharge. **Continental Shelf Research**, 16(3): 291-319.
- SOUZA-FILHO, P.W.M. 2005. Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: Cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de Sensores Remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, 23(4): 427-435.
- SOUZA-FILHO, P.W.M.; PROST, M.T.R.C.; MIRANDA, F.P.; SALES, M.E.C.; BORGES, H.V.; COSTA, F.R.; ALMEIDA, E.F.; NASCIMENTO Jr., W.R. 2009. Environmental sensitivity index (ESI) mapping of oil spill in the Amazon coastal zone: The Piatam Mar Project. **Revista Brasileira de Geofísica**, 27: 7-22.
- STATSOFT, INC. 2015. **Statistica: data analysis software system**. Version 12.7. (<http://www.statsoft.com>).
- VERESHCHAKA, A.L.; OLESEN, J.; LUNINA, A.A. 2016. A phylogeny-based revision of the family Luciferidae (Crustacea: Decapoda). **Zoological Journal of the Linnean Society**, 178: 15-32.
- VIANA, G.F.S.; RAMOS-PORTO, M.; SANTOS, M.C.F.; SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A.; CABRAL, E.; TORRES, M.F.A.; ACIOLI, F.D. 2003. Caranguejos coletados no Norte e Nordeste do Brasil durante o Programa Revizee (Crustacea, Decapoda, Brachyura). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, 11(1): 117-144.
- XIAO, Y.; GREENWOOD, J.G. 1993. The biology of *Acetes* (Crustacea, Sergestidae). **Oceanography & Marine Biology**, 31, pp. 259-444.

5. RESULTADOS

DISTRIBUIÇÃO E VARIABILIDADE SAZONAL DE CAMARÕES PLANCTÔNICOS (DENDROBRANCHIATA) AO LONGO DE UM *CONTINUUM* ESTUÁRIO-OCEANO

INTRODUÇÃO

As plumas de grandes rios influenciam áreas costeiras e oceânicas tanto em escalas regionais e continentais, quanto globais e desempenham um papel importante no ciclo hidrológico e na estabilidade termodinâmica do oceano (Dagg et al., 2004; Chérubin e Richardson, 2007). O Oceano Atlântico Equatorial recebe a drenagem do Rio Amazonas, representando $\approx 20\%$ do total da descarga global de água doce, consistindo em sua foz, em um delta complexo (Nittrouer et al., 1986; Mikhailov, 2010). O resultado das interações entre a descarga dos rios do sistema amazônico e a atuação dos ventos alísios e das correntes oceânicas superficiais, controlam os processos pelágicos na Costa Norte do Brasil, influenciando a dinâmica de padrões físico-químicos, bem como a distribuição e biomassa planctônica na Plataforma Amazônica (Dagg et al., 2004; Santos et al., 2008; Moller et al., 2010; Goes et al., 2014; Conroy et al., 2016).

O estágio larval é o principal meio de dispersão geográfica para os camarões. Durante esta fase, a distribuição é afetada, entre outros fatores, pela temperatura, salinidade, precipitação, ventos e correntes (Anger, 2001; 2006). Estas características em conjunto com o alimento disponível, competição e predação, são os principais responsáveis pela variação sazonal e determinam os níveis de recrutamento na população adulta (Anger, 2001). Deste modo, o sucesso das estratégias de história de vida depende principalmente da sobrevivência das larvas no plâncton (Anger, 2006). Os camarões representam um importante grupo para o ecossistema aquático tanto em sua fase larval, como componente do plâncton e da pirâmide trófica, quanto em sua fase bentônica/neftônica, em que atuam como detritívoros contribuindo para a ciclagem de nutrientes e fluxo de energia. No entanto, informações sobre a distribuição dos estágios larvais de camarões ou mesmo juvenis/adultos são incipientes.

Na Plataforma Continental do Amazonas (PCA) e áreas estuarinas próximas, há o registro de 41 espécies de camarões Dendrobranchiata: 6 espécies de Sergestoidea (2 Luciferidae e 3

Sergestidae) e 35 espécies de Penaeoidea (3 Aristeidae, 12 Penaeidae, 6 Sicyoniidae, 4 Solenoceridae) (ver Tab. 1 desta tese). Na PCA, os estudos de ecologia larval de camarões ainda são poucos e com disponibilidade limitada, na forma de monografias, teses e dissertações não publicadas. Destacando-se apenas o estudo de Melo et al. (2014) que analisaram a distribuição dos camarões Luciferidae entre os ambientes nerítico e oceânico na PCA. Nos ambientes de plataforma continentais, a diversidade de organismos é o resultado de um extenso litoral com variados habitats marinhos e estuarinos (manguezais, marismas, recifes de corais). No Norte do Brasil, com a junção das vazões dos rios Amazonas e Pará, torna a PCA uma importante área de berçário e crescimento para os camarões marinhos-estuarinos (Dall et al., 1990; Dagg et al., 2004; Nascimento et al., 2013; Moura et al., 2016).

Levando em consideração a complexidade do sistema da Plataforma Continental Amazônica e o caráter dinâmico do zooplâncton, buscamos responder os seguintes questionamentos: Quais camarões Dendrobranchiata são encontrados como componente do plâncton na Plataforma Continental do Amazonas? Como estas larvas estão distribuídas espacialmente em uma área sob influência da pluma dos Rios Amazonas e Pará? Quais fatores ambientais mais influenciam a distribuição espaço-temporal desse grupo? Há diferenças na distribuição dos diferentes estágios de desenvolvimento larval dos camarões? Nesse sentido, a hipótese a ser testada é que as larvas de camarões apresentam uma distribuição distinta em relação à sazonalidade e à distância costa-oceano, no que se refere à densidade larval e à distribuição dos estágios de desenvolvimento na área sob influência da pluma do Rios Amazonas e Pará, na Plataforma Continental Amazônica.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Oceano Atlântico recebe a drenagem do Rio Amazonas e do Rio Pará, que consistem em um delta complexo (Nittrouer et al., 1986). A bacia hidrográfica do Rio Amazonas, considerada a maior do mundo, estende-se desde os Andes até o Atlântico e cobre uma área de aproximadamente $7 \times 10^6 \text{ km}^2$ (Dagg et al., 2004; Molleri et al., 2010), descarregando 940×10^6 toneladas/ano de sedimentos e $180.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água doce no oceano Atlântico (Muller-Karger et al., 1988; Mikhailov, 2010). A PCA, no Norte do Brasil, apresenta quebra para o talude entre 90 e 100 m de profundidade (Nittrouer e Demaster, 1996), sendo a plataforma interna limitada

pela isóbata de 20 m, com um litoral profundamente recortado em que se destaca a maior faixa contínua do ecossistema de manguezais do mundo, totalizando 718 km² de extensão (Nascimento et al., 2013).

A vazão do Amazonas varia sazonalmente em torno de 220.000 m³s⁻¹ em maio (cheia do rio) a 100.000 m³s⁻¹ em novembro (seca) (Geyer et al., 1996; Silva et al., 2009; Moller et al., 2010), e forma uma pluma superficial de baixa salinidade que se estende ao longo da plataforma transportada principalmente pela Corrente Norte do Brasil (Muller-Karger et al., 1988; Geyer et al., 1996). Na região, registra-se apenas uma estação chuvosa, de dezembro a maio (período de cheia do Rio Amazonas); e uma estação menos chuvosa, de junho a novembro (período de seca ou ‘vazante’ do Rio Amazonas) (Rao e Hada, 1990).

A corrente norte brasileira (CNB) transporta águas superficiais quentes para o Norte e flui no sentido da quebra da Plataforma do Amazonas, sobre o talude (Richardson et al., 1994). Varia de direção ao longo da costa norte brasileira, de acordo com os padrões dos ventos e da localização no trajeto da corrente (Ffield, 2005). O predomínio da pluma do Amazonas próximo a foz ocorre no primeiro semestre do ano, coincidindo com a maior vazão do rio e dos ventos alísios de nordeste. Na área oceânica o deslocamento da pluma está relacionado com as correntes, que a deslocam para noroeste pela CNB em direção ao mar do Caribe. Nas proximidades do Estado do Amapá, no segundo semestre, esta corrente sofre sazonalmente uma retroflexão para leste em direção à África, alimentando a Contra-Corrente Norte Equatorial (CCNE) (Muller-Karger et al., 1988; Ffield, 2005; Silva et al., 2009).

Coleta e processamento das amostras

As amostragens foram realizadas sazonalmente, sete (7) vezes, de julho de 2013 a janeiro de 2015 em um transecto com seis locais de coleta na Plataforma Continental do Amazonas, partindo-se da linha de costa (na Ilha do Marajó) até aproximadamente os 250 km de distância, no talude, abrangendo um transecto em um *continuum* estuário oceano (Fig. 1). As coletas foram realizadas em um barco de pesca equipado com rádio, sonda de profundidade, GPS e guincho para auxiliar nos arrastos de plâncton. Antes da captura do zooplâncton, um perfilador CTD (Hydrolab DS 5) foi utilizado para registrar os fatores abióticos da coluna d’água: temperatura (°C), salinidade e clorofila-*a* (µg/L⁻¹).

As amostras foram obtidas com arrastos oblíquos, buscando-se alcançar 75% da profundidade local, com uma rede de plâncton cônico-cilíndrica (malha de 200 µm e 30 cm de diâmetro de abertura) e com um fluxômetro acoplado na abertura da rede para o cálculo do

volume de água filtrada. Os arrastos tiveram a duração de 5 minutos a uma velocidade de aproximadamente dois nós (≈ 4 km/h). As amostras foram individualmente etiquetadas e acondicionadas em frascos plásticos e fixadas em formaldeído a 4%, previamente tamponado com tetraborato de sódio. Em laboratório, as amostras foram fracionadas com um subamostrador Folsom e foi utilizada a fração de $\frac{1}{2}$ da amostra inicial para a separação dos camarões. Foram analisadas 42 amostras: 7 expedições ao longo de dois anos (julho/13, outubro/13, janeiro/14, maio/14, julho/14, outubro/14, janeiro/15) x 6 locais na Plataforma Continental.

Os estágios larvais de zoea (mysis), pós-larva (decapodito), juvenis e adultos (estes últimos apenas para os representantes de Sergestoidea) foram identificados conforme Brooks (1882), Cook (1964), Boschi (1981), Calazans (1993), Oshiro e Omori (1996) e Santos e Lindley (2001). Não foram contados os estágios naupliares e de protozoea, em função da malha da rede subestimar a abundância destes grupos. Os organismos separados foram contados e identificados sob estereomicroscópio óptico (ZEISS StereoDiscovery v.12) e dissecados sob microscópio óptico equipado com disco micrométrico.

Análise de dados

Os dados de vazão do Rio Amazonas foram obtidos no site Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>) disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA), a partir da estação de Óbidos-Pará. Apesar de ser uma estação fluviométrica distante da foz do Rio Pará, foi a única estação que continha dados atualizados e com monitoramento constante. As demais estações eram referentes a furos de maré que não representam a magnitude da vazão do Rio Amazonas para o propósito deste estudo.

As variáveis vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade e clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}^{-1}$) apresentaram normalidade e homocedasticidade. A comparação da variação da vazão entre os meses e a comparação entre os demais fatores abióticos e a distância da costa e os meses foi efetuada com análise de variância - ANOVA um critério, todos seguidos do teste *a posteriori* de Tukey.

A representação da variação espacial da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade e clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}^{-1}$) foi realizada com a elaboração de mapas de contorno, utilizando o programa Surfer[®] 9.0 (Golden Software Inc., 2005). Foi utilizado o método de interpolação de krigagem, por apresentar melhor precisão e fidelidade aos dados, bem como uma boa suavidade das curvas em relação aos demais métodos (Landim, 2003). Foram destacadas isolinhas para os fatores ambientais mencionados acima, sendo que o fator salinidade foi categorizado conforme Seidel et al. (2015), em faixas de salinidade (S) que caracterizam a pluma do Rio Amazonas: pluma interna

ou estuarina ($0 < S \leq 20$), pluma intermediária ($20 < S \leq 31$), pluma externa ($31 < S \leq 36$), e águas oceânicas ($S > 36$).

A densidade dos camarões foi estimada em número de organismos por m^3 (org/ m^3). A frequência de ocorrência amostral foi calculada considerando o número de amostras onde cada táxon ocorreu em relação ao número total de amostras, e foram agrupadas em quatro categorias: muito frequente ($>70\%$), frequente ($\leq 70\%$ e $\geq 40\%$), pouco frequente ($<40\%$ e $\geq 10\%$) e esporádica ($<10\%$). A frequência de ocorrência dos camarões em função da distância da costa também foi calculada e comparada com o teste de Qui-Quadrado (χ^2), testando a hipótese de tendência crescente ($A > 0$) ou decrescente ($A < 0$) nas proporções destas frequências, utilizando o programa BioEstat[®] 5.0 (Ayres et al., 2007).

A variável densidade, mesmo após tentativas de transformações, não correspondeu aos critérios para realização de testes paramétricos. Para comparar a variação da densidade dos camarões entre os meses e a distância da costa foi utilizado teste de Kruskal-Wallis. A comparação da densidade dos camarões entre os anos e os períodos de maior/menor vazão do Rio Amazonas foi realizada com o teste de Mann-Whitney par-a-par. As análises univariadas foram realizadas no programa Statistica[®] 12.7 (Statsoft Inc., 2015), com o nível de significância de 5%.

Para verificar a distribuição da assembleia dos camarões em relação as variáveis explanatórias (fatores ambientais, meses e distância da costa) foi realizada uma Análise de Redundância Canônica (RDA), conforme Borcard et al. (2011), usando o pacote ‘Vegan’ no programa R (Oksanen et al., 2013). Para esta análise, a matriz de dados ambientais (vazão, salinidade, temperatura e clorofila-*a*) foi transformada com o método ‘Standartization’ e a matriz de densidade dos camarões (por estágios de desenvolvimento e famílias) foi transformada pelo método de Hellinger. Este método é recomendado para agrupamentos ou ordenações de dados de abundância de espécies, uma vez que não é influenciado pelos zeros da matriz e diminui a importância dos grupos mais abundantes (Legendre e Birks, 2012). Posteriormente, para testar a significância da RDA foi realizada uma ANOVA permutacional, 999 permutações, adotando o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Fatores abióticos

A vazão do Rio Amazonas foi maior ($291.900 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) em maio/14 e menor ($\approx 110.000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) em outubro/13-14 (Apêndice I). A vazão do rio diferiu significativamente em relação aos meses ($F = 2204,1$; $gl = 210$, $p < 0,01$), maio e julho/14 apresentaram as máximas descargas do rio, sendo a vazão em maio/14 significativamente maior em relação a todo o período de estudo. Em outubro/13-14 houveram as menores descargas, julho/13 teve o início do processo de descida do rio e janeiro/13-14 quando houve aumento da descarga. Apenas Janeiro/13-14 apresentaram valores dentro da média histórica de 1985 a 2015 (Fig. 2).

A temperatura variou de 22 a 30°C e manteve-se acima de 27°C em quase toda extensão da plataforma. As temperaturas mais baixas foram registradas a partir de 200 Km de distância da costa e apenas nas maiores profundidades (Fig. 3). A temperatura média variou significativamente em relação aos meses ($F = 3872,6$; $gl = 1427$, $p < 0,01$), onde julho/13-14 apresentaram as maiores médias e janeiro e outubro/14 as menores (Fig. 4, Apêndice I). A temperatura média também diferiu em relação à distância costa-oceano ($F = 3779,6$; $gl = 1418$, $p < 0,01$). Acima dos 100 km de distância os valores médios de temperatura foram diminuindo e cada local amostrado diferiu significativamente entre si (Fig. 4, Apêndice I).

A salinidade variou de 2 a 38, os menores valores foram registrados em maio (média de $30,93 \pm 8,89$ de desvio padrão), coincidindo com o período de maior vazão do Rio Amazonas, e os maiores registros ocorreram em outubro ($37,02 \pm 2,79$) ($F = 70,1$; $gl = 1400$, $p < 0,01$), período de menor vazão do rio (Fig. 4, Apêndice I). Em relação à distância costa-oceano, as menores médias de salinidade foram registradas mais próximas à costa ($F = 381,6$; $gl = 1401$, $p < 0,01$) (Fig. 4, Apêndice I). A plataforma esteve sob influência da pluma de baixa salinidade em todos os meses, evidente até os 150 Km de distância. Acima dos 150 km de distância a salinidade foi > 36 na maior parte do período amostrado. A pluma de baixa salinidade apresentou maior extensão em maio/14, ultrapassando os 200 Km de distância na PCA e a menor extensão em outubro, onde a pluma atingiu até 60 Km, aproximadamente (Fig. 3).

A clorofila-*a* variou de $0,3 \text{ } \mu\text{g/L}^{-1}$ (fundo) a $85,1 \text{ } \mu\text{g/L}^{-1}$ (superfície), ambos em janeiro/14. As médias de clorofila-*a* foram significativamente maiores em janeiro/14 e julho/13 ($F = 43,9$; $gl = 1376$, $p < 0,01$), sendo que em julho/13 os maiores valores de clorofila-*a* ocorreram próximos ao fundo, enquanto que em janeiro/14 foram maiores nas camadas mais superficiais. De modo geral, a clorofila-*a* apresentou dispersão similar à pluma de baixa salinidade, com

variações significativas em relação à distância costa-oceano ($F = 141,6$; $gl = 1377$, $p < 0,01$). Em julho/13 e maio/14 a dispersão da clorofila-*a* apresentou a maior extensão, ultrapassando os 200 km de distância e com altos valores ($> 20 \mu\text{g/L}^{-1}$). Nos demais meses manteve-se em maior concentração próximo à costa (até $\approx 100 \text{ Km}$) e nas camadas mais superficiais, até os 20 m de profundidade. Os menores valores ($< 5 \mu\text{g/L}^{-1}$) ocorreram mais distantes da costa e em locais mais profundos (Fig. 3 e 4, Apêndice I).

Abundância e distribuição dos camarões Sergestoidea

Os camarões Luciferidae foram os mais abundantes entre os camarões Dendrobranchiata, representando 92,85% do total (13.065 espécimes). Os Luciferidae apresentaram as maiores densidades (máxima: $37,88 \text{ org./m}^3$; média: $2 \text{ org./m}^3 \pm 6,28$ desvio padrão), seguido de Sergestidae (máxima: 3 org./m^3 ; média: $0,19 \text{ org./m}^3 \pm 0,59$ desvio padrão), representando 3,53% da abundância total dos camarões Dendrobranchiata na PCA. Em termos de frequência de ocorrência amostral, os Luciferidae (86%) foram muito frequentes ($> 70\%$) e os Sergestidae foram poucos frequentes nas amostras (33%).

Luciferidae esteve presente ao longo de todo o período de estudo e com elevadas densidades, com maior densidade em maio/14 ($54,36 \text{ org./m}^3$) e menor em jul/13 ($0,79 \text{ org./m}^3$). Esteve também presente em toda extensão da plataforma continental apresentando as maiores densidades entre 80 e 200 Km ($72,30 \text{ org./m}^3$) (Fig. 5 e 6). Foi encontrada tendência crescente significativa ($A > 0$) na proporção dos camarões Luciferidae ($\chi^2 = 296,69$; $p < 0,01$) em relação à distância da costa.

Entre os camarões Luciferidae, *Belzebub faxoni* foi dominante na PCA apresentando as maiores densidades tanto em mysis e pós-larvas (7.580 larvas, densidade média: $1,13 \text{ org./m}^3 \pm 3,61$) quanto juvenis-adultos (5.454 indivíduos, $0,80 \text{ org./m}^3 \pm 2,79$). *Belzebub faxoni* foi encontrado em todos os meses e em toda extensão da plataforma, enquanto *Lucifer typus* apresentou baixas densidades (28 indivíduos, $0,08 \text{ org./m}^3$), representado apenas por juvenis e adultos, coletados distante $\approx 190 \text{ Km}$ da costa.

Os camarões Sergestidae estiveram presentes em todos os meses e em menores densidades. No entanto, não estiveram presentes em toda extensão da plataforma, apresentando maiores densidades até os 55 Km (477 indivíduos; $7,58 \text{ org./m}^3$) e densidades muito baixas após esta distância (Fig. 5 e 6). Verificamos uma tendência decrescente significativa ($A < 0$) na proporção de Sergestidae ($\chi^2 = 378,65$; $p < 0,01$) conforme se distancia da costa.

Na PCA houve um predomínio de *Acetes* spp., apresentando as maiores densidades até a distância de 55 Km (profundidade ≈ 20 m), onde foram encontrados os estágios de desenvolvimento de mysis II a adultos: mysis II (36 larvas, densidade total: 0,84 org./m³), pós-larva (PL) (247 larvas, 3,67 org./m³) e juvenis-adultos (211 indivíduos, 3,21 org./m³), incluindo 5 machos e 6 fêmeas de *A. americanus* (Fig. 5). Também foram encontrados *Sergestes* spp.: 1 mysis II e 2 pós-larvas (0,02 org./m³), com baixas densidades coletados na isóbata de 100 m, a partir de ≈ 200 Km de distância da costa.

A distribuição da densidade dos camarões Dendrobranchiata foi significativamente correlacionada com as variáveis explanatórias. O modelo resultante da RDA explicou aproximadamente 18% ($R^2_{\text{não-ajustado}} = 30,74\%$; $F = 2,44$; $p = 0,001$) da variação na assembleia de camarões na PCA. Os dois primeiros eixos da RDA explicaram 81,45% da variabilidade, o primeiro eixo explica 58,8% e é positivamente relacionado com a salinidade (0,78) e negativamente com a clorofila-*a* (-0,72). O segundo eixo explica 22,6% e está relacionado positivamente com a distância da costa (0,78) e de forma negativa com a temperatura (-0,84) (Tabelas I e II; Fig. 7).

Dentre os camarões Sergestoidea, *Acetes* spp. estiveram negativamente relacionados com a clorofila-*a* e os Luciferidae correlacionados positivamente com a variável temporal (mês), ambos no eixo 1. No eixo 2, *Acetes* spp. esteve também correlacionada de forma negativa com a temperatura (Fig. 7; Apêndice IV).

Abundância e distribuição dos camarões Penaeoidea

Os camarões Penaeoidea representaram 3,62% do total de indivíduos coletados na PCA, no entanto, em termos de frequência de ocorrência amostral, foram muito frequentes (76%). Sendo representado pelas famílias: Solenoceridae e Sicyoniidae (pouco frequentes: 33% e 40%, respectivamente) e Penaeidae (frequente: 57%). As três famílias apresentaram baixas densidades, todos os táxons com mínimas de zero e a máxima densidade correspondeu aos camarões Sicyoniidae (0,52 org./m³).

Os camarões Sicyoniidae foram representados por poucos exemplares (304 larvas), com maiores densidades para o estágio de mysis nas fases MI e MII (239 mysis, densidade total: 0,62 org./m³) em relação às pós-larvas. Sicyoniidae apresentou maior densidade em janeiro/15 (262 indivíduos, 0,52 org./m³) e não esteve presente em maio e julho de 2014. Em relação a distribuição na PCA, Sicyoniidae esteve acima dos 50 Km, com maior densidade aos 83 Km de distância da costa (282 indivíduos; 0,64 org./m³) (Fig. 5 e 6), com uma tendência decrescente

significativa na frequência de ocorrência conforme se distancia da costa ($A < 0$; $\chi^2 = 15,41$; $p < 0,01$).

Poucos camarões Solenoceridae foram encontrados na plataforma (N=115) sendo a maioria no estágio de mysis III (88 larvas, 0,58 org./m³). As mysis II apenas foram ausentes em jul/13 e as pós-larvas estiveram presentes apenas em outubro/13 (4 larvas, 0,02 org./m³) (Fig. 5). De modo geral, os camarões Solenoceridae estiveram presentes em todos os meses, apresentando maior densidade em janeiro/14 (39 larvas, 0,40 org./m³). Solenoceridae esteve presente somente acima dos 80 Km de distância, com maiores densidades acima de 200 Km (74 indivíduos; 0,49 org./m³) (Fig. 5 e 6), sendo encontrado uma tendência crescente significativa na frequência de ocorrência conforme aumenta a distância da costa na PCA ($A > 0$; $\chi^2 = 63,50$; $p < 0,01$).

Os camarões Penaeidae foram homogêneos em relação às densidades (90 indivíduos; 0,62 org./m³), com maiores densidades para o estágio de mysis em relação às pós-larvas (53 mysis, 0,51 org./m³). Estiveram presentes em todos os meses, com maior densidade em outubro/14 (0,22 org./m³), relacionado com a menor vazão do Rio Amazonas ($Z = -3,23$; $p = 0,001$). Penaeidae esteve em toda extensão da plataforma (Fig. 5 e 6) com uma tendência crescente significativa na frequência de ocorrência ($A > 0$; $\chi^2 = 12,74$; $p < 0,01$) conforme se distância da costa.

A distribuição da densidade dos camarões Penaeoidea foi significativamente correlacionada com as variáveis explanatórias do modelo resultante da RDA, no entanto, poucos táxons apresentaram correlações maiores que 0,1 com os eixos da RDA. Deste modo, as mysis III de Solenoceridae e os camarões Penaeidae estiveram correlacionados positivamente com a distância da costa no eixo 2 (Fig. 7; Apêndice IV).

DISCUSSÃO

O padrão diverso entre os camarões, além de refletir os comportamentos de cada família, reflete a complexidade do ambiente da Plataforma Continental do Amazonas. Durante o período deste estudo, apenas em maio a pluma de baixa salinidade atingiu acima dos 200 km da plataforma, todos os outros meses tiveram uma influência mais restrita até ≈ 100 Km de distância do transecto, que nos permitiu visualizar a distribuição da assembleia de camarões

tanto nos locais sob influência direta da pluma do Amazonas, quanto nos locais com características mais oceânicas.

Nossos resultados indicam padrões temporais e horizontais específicos para as fases planctônicas de cada família, demonstrando que cada grupo varia distintamente ao longo do ano e da distância da costa-oceano. Percebemos um maior número de táxons conforme houve o aumento da distância da costa, onde os Luciferidae, Solenoceridae e Penaeidae foram mais frequentes, enquanto que os Sicyoniidae e Sergestidae tiveram menor frequência de ocorrência à medida em que se aproximou ao talude.

Para os camarões Sergestoidea, desde os estágios larvais até os adultos estiveram presentes, com destaque para a elevada densidade de mysis de *B. faxoni*, que em conjunto com os *Acetes* spp., desempenham um importante papel na rede trófica e representam alta biomassa em ambientes de plataforma continentais (Longhurst, 1985). O camarão holoplanctônico *Lucifer typus* confirmou-se ser uma espécie de água tropical oceânica (Bowman e McCain, 1967; Xu 2010; Melo et al., 2014; Marafon-Almeida, et al., 2016). Enquanto que *B. faxoni* apresentou-se tipicamente costeira, com as maiores densidades entre todos os táxons de camarões amostrados (Bowman e McCain, 1967; Longhurst, 1985; Arshad et al., 2011), reforçando o padrão de altas densidades relatado para a PCA por Melo et al. (2014).

A correlação positiva de Luciferidae com a variável temporal (mês) esteve associada com a dinâmica da vazão do Rio Amazonas e a salinidade na PCA. Indicando que os camarões Luciferidae, dominado por *B. faxoni*, estiveram associados à menor distância da costa e maior vazão, coincidindo com suas elevadas densidades na plataforma interna e média. Aparentam ter um recrutamento contínuo, com um pico que deve estar associado ao período reprodutivo e desova da espécie (Fugimura et al., 2005), no entanto, este aspecto precisa ser melhor investigado para a PCA.

Dentre os Sergestidae, *Sergestes* spp. Indica ser uma espécie de águas tropicais oceânicas (≥ 36), como *Neoergestes edwardsi*, por exemplo, antes *Sergestes edwardsi*, que têm sido boa indicadora destas massas d'águas (Brandão et al., 2013). Por outro lado, *Acetes* spp. apresentou-se costeiro, com todo seu ciclo de vida na porção interna da PCA. Podem ocorrer duas espécies do gênero *Acetes* na PCA: *A. americanus*, que é distribuída na plataforma continental do Brasil e provavelmente associada com massas de águas costeiras e *A. marinus* que não possui o desenvolvimento larval conhecido e é endêmica à área de influência da foz do Rio Amazonas (D'Incao e Martins, 2000; Vereschaka et al., 2015). Em razão da dificuldade na diferenciação entre os estágios larvais dessas duas espécies não foi possível determinar se são concomitantes ou se possuem distribuição diferencial na PCA.

A sazonalidade é bem conhecida dentro dos congêneres de *Acetes* spp., no entanto, não foi evidente para PCA. Em geral, o recrutamento é contínuo nas regiões tropicais e subtropicais ao longo do ano, com picos de desova ocorrendo durante as estações mais quentes (Xiao e Greenwood, 1993; Simões et al., 2013a,b; Santos et al., 2015). A distribuição de *Acetes* spp. (Sergestidae) esteve principalmente associada à maior temperatura e clorofila-*a*. Sabe-se que *A. americanus* apresenta maior abundância nos meses com alta concentração de clorofila-*a* (Santos et al., 2015) e ocorre em locais mais rasos, com alta temperatura e menores valores de salinidade (Simões et al., 2013b); padrões semelhantes ao encontrado para os *Acetes* spp. na PCA.

Os camarões Penaeoidea foram menos abundantes e representados por Solenoceridae, Sicyoniidae e Penaeidae. Com pouca variação, todos os estágios larvais de desenvolvimento estiveram presentes, de mysis I a pós-larva e coincidindo com o comportamento reprodutivo para a população adulta bentônica. A baixa densidade desses organismos por ser explicada pelo tamanho de malha da rede utilizado, que limita a captura de indivíduos maiores e também, pelo grupo em questão apresentar diferentes movimentos migratórios (ver Dall et al., 1990).

Os Solenoceridae possuem espécies marinhas que habitam maiores profundidades (> 80 m) e se reproduzem a partir da plataforma externa (Dall et al., 1990; Gomez-Ponce e Garcia 2003), onde os estágios de mysis de *Solenocera* spp. são mais comumente encontradas a partir da plataforma média e externa (Gomez-Ponce e Gracia, 2003; 2007). As larvas dos camarões Solenoceridae foram encontradas na plataforma média e externa, o que justifica a correlação com distância encontrada na PCA e reflete o comportamento reprodutivo dos adultos.

A distribuição das larvas dos camarões Sicyoniidae também segue o comportamento reprodutivo dos adultos, apresentando a reprodução na plataforma interna e média na PCA, uma vez que os estágios larvais de *Sicyonia* spp. predominaram em torno de 80 km da costa na PCA e que os adultos se distribuem na plataforma continental em profundidades menores do que 200 m (D'Incao, 1995). Para *S. dorsalis*, *S. laevigata* e *S. parri* sabe-se que a reprodução é contínua, o recrutamento de juvenis é variável, com dois a três picos ao ano, sendo um com maior intensidade (Bauer e Vega 1992; Castilho et al., 2008). Sicyoniidae não esteve fortemente correlacionada com nenhuma variável explanatória abordada neste estudo. Existem poucas informações disponíveis para os Sicyoniidae e estudos com as larvas de *S. dorsalis* e *S. typica*, espécies que ocorrem na PCA, são inexistentes.

Os Penaeidae ocorreram de forma homogênea em toda a extensão da PCA, desde mysis até pós-larvas, o que é observado para congêneres de outras regiões do mundo (Price et al., 1993; Rogers et al., 1993; Vance et al., 1996; 1998; Castilho et al., 2008; Galindo-Bect et al.,

2010; Pham et al., 2012), uma vez que as larvas migram na direção mar-estuário, onde os juvenis irão se desenvolver até retornarem ao mar quando adultos. As larvas dos camarões Penaeidae apresentaram as maiores densidades nos períodos de menor vazão do Rio Amazonas, refletindo uma sazonalidade de outubro a janeiro, que também está relacionada com o comportamento migratório. Aragão et al. (2012) ressalta que a diminuição da vazão do Rio Amazonas coincide com o início do período maior intensidade de migração das larvas de *F. subtilis*.

A distribuição das larvas de Penaeidae pode ser explicada por diferentes fatores, uma vez que é um táxon com o maior número de espécies registradas na PCA e espera-se ter uma amplitude de nicho maior. Na PCA, a distribuição de Penaeidae esteve associada com as altas salinidades e conseqüentemente, à maior distância da costa. Silva et al. (2010) analisando o crescimento em laboratório de pós-larvas de *F. subtilis* verificaram um maior crescimento em salinidades maiores de 25. Apesar da baixa densidade larval de *Penaeus* e *Xiphopenaeus*, a presença contínua em todos os meses e locais amostrados ao longo de toda a PCA comprova a importância dessa área como berçário para as espécies de camarões que são capturadas anualmente pela frota pesqueira industrial, desde a década de 60 do século passado.

Evidenciamos que a vazão do Rio Amazonas exerce grande influência na dinâmica da salinidade e da clorofila-*a* na Plataforma Continental Amazônica, explicando a distribuição da assembleia dos camarões, como era esperado nas plumas de grandes rios (Dagg et al., 2004; Santos et al., 2008; Goes et al., 2014; Conroy et al., 2016). No geral, os camarões presentes na plataforma interna estiveram associados com os fatores clorofila-*a*, temperatura e vazão, enquanto que os camarões da plataforma média e externa foram relacionados com a salinidade e distância da costa. As maiores densidades ocorreram mais próximas a costa, o que reforça a presença de espécies que suportam a grande variação dos fatores ambientais na PCA. Destacamos também, a PCA como uma área prioritária para a biodiversidade e de extrema importância para o desenvolvimento dos camarões Dendrobranchiata, se configurando em uma área-berçário para o grupo em questão.

CONCLUSÕES

Este estudo apresenta pela primeira vez informações com uma abordagem sazonal ao longo de dois anos, sobre a distribuição da densidade larval de camarões Dendrobranchiata na Plataforma Continental do Amazonas e contribuiu como um primeiro passo na direção de uma

caracterização em uma ampla área pouco estudada, servindo como base para futuras comparações. Os fatores ambientais salinidade e clorofila-*a* variaram conforme a variação da vazão do Rio Amazonas, influenciando a distribuição dos organismos. As maiores densidades ocorreram mais próximas a costa, o que reforça a presença de espécies que suportam a grande variação dos fatores ambientais na PCA. De modo geral, os camarões planctônicos da plataforma interna estiveram associados com os fatores clorofila-*a*, temperatura e vazão e os camarões da plataforma média e externa foram relacionados com a salinidade e a distância da costa. Nossos dados sugerem que *Acetes* spp. (Sergestidae) é fortemente influenciada a maior temperatura e clorofila-*a* e os camarões *B. faxoni* (Luciferidae) são associados a menor distância e maior vazão. Por outro lado, a distribuição de Solenoceridae e Penaeidae são explicadas pela maior distância da costa e altas salinidades. Por fim, ressaltamos a Plataforma Continental do Amazonas como uma área de prioridade extremamente alta para conservação, pois é área-berçário para pelo menos cinco famílias de camarões incluindo espécies economicamente importantes.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem intensamente 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: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo custeio das viagens a campo e pela bolsa de estudo, respectivamente.

FINANCIAMENTO

Este trabalho é parte integrante do projeto INCT-Ambientes Marinhos Tropicais (CNPq nº 565054/2010-4), grupo 2.2: Variabilidade Espaço-Temporal da Diversidade e Estrutura Trófica do Ambiente Pelágico na Plataforma Continental ao Largo do Norte e Nordeste do Brasil (INCT AmbTropic: <http://www.inctambtropic.org/grupos-de-trabalho/plataforma-continental-/variabilidade-espaco-tempor.html>), coordenado pelos professores Dr. Ralf Schwamborn (Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Depto. de Zoologia) e Dra. Sigrid Neumann Leitão (UFPE, Depto. de Oceanografia).

REFERÊNCIAS

- Anger, K. (2001) *The biology of decapod crustacean larvae*. Crustacean issues, Vol 14, Zoological Museum, University of Amsterdam, pp. 404.
- Anger, K. (2006) Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebr. Reprod. Dev.*, 49, 175-205.
- Arshad, A., Ara, R., Amin, S. M. N., Effendi, M., Zaidi, C. C. and Mazlan, A. G. (2011) Influence of environmental parameters on shrimp postlarvae in the Sungai Pulai seagrass beds of Johor Strait, Peninsular Malaysia. *Sci. Res. Essays*, 6, 5501-5506.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L. and Santos, A. A. S. (2007) *BioEstat: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas*. Belém, Pará, Brasil, Vol 5, pp. 364.
- Bauer, R. T. and Vega, L. W. R. (1992) Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimps species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 161, 223-240.
- Borcard, B., Gillet, F., and Legendre, P. (2011) *Numerical Ecology with R*. Use R! Serie. ©Springer Science+Business Media, LLC, 319pp. Doi: 10.1007/978-1-4419-7976-6.
- Boschi, E. E. (1981) Larvas de Crustacea Decapoda. In: Boltovskoy, D. (Ed.). *Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Argentina, INIDEP, pp. 699-758.
- 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.
- Brandão, M. C., Koettker, A. G. and Freire, A. S. (2013) Distribution of decapod larvae in the surface layer of an isolated equatorial oceanic archipelago: the cases of benthic *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) and pelagic *Sergestes edwardsi* (Dendrobranchiata: Sergestidae). *Helgol. Mar. Res.*, 67, 155-165.
- Brooks, W. K. (1882) *Lucifer*: a study in morphology. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 173, 57-137.
- Calazans, D. (1993) Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the Southern Brazilian Coast. *Nauplius*, 1, 45-62.
- Castilho, A. L., Furlan, M., Costa, R. C. and Fransozo, V. (2008) Reproductive biology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea) from the southeastern coast of Brazil. *Invertebr. Reprod. Dev.*, 52, 59-68.
- Chérubin, L. M. and Richardson, P. L. (2007) Caribbean current variability and the influence of the Amazon and Orinoco freshwater plumes. *Deep-Sea Res. Part I*, 54, 1451-1473.
- Conroy, B. J., Steinberg, D. K., Stukel, M. R., Goes, J. I. and Coles, V. J. (2016) Meso- and microzooplankton grazing in the Amazon River plume and western tropical North Atlantic. *Limnol. Oceanogr.*, 61, 825-840.

Cook, H. L. (1964) Clave genérica para la identificación de protozoeas, mysis y fases postlarvarias de peneidos litorales del noroeste del Golfo de México. *Fish. Bull.*, 65, 437-447.

Dagg, M., Benner, R., Lohrenz, S. and Lawrence, D. (2004) Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. *Cont Shelf Res.*, 24, 833-858.

Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg P. C. and Sharples D. J. (1990) The Biology of the Penaeidae. *Adv. Mar. Biol.*, 27, pp. 489.

D'Incao, F. (1995) Brazilian rock shrimps of the genus *Sicyonia* (Decapoda: Sicyoniidae). *Nauplius*, 3, 101-125.

D'Incao, F. and Martins, S. T. S. (2000) Brazilian Species of the Genera *Acetes* H. Milne Edwards, 1830 and *Peisos* Burkenroad, 1945 (Decapoda: Sergestidae). *J. Crust. Biol.*, 20, 78-86.

Félix-Ortiz, J. A., Siu-Quevedo, M. E., Castaneda-Lomas, N., Rodríguez-Dominguez, G., Oca, G. R. and Aragón-Noriega, E. A. (2014) Species composition and timing of penaeid shrimp postlarvae (Decapoda, Penaeidae) in two zones of the Mexican Pacific coast. *Crustaceana*, 87, 801-813.

Ffield, A. (2005) North Brazil current rings viewed by TRMM Microwave Imager SST and the influence of the Amazon Plume. *Deep-Sea Res. Pt. I*, 52, 137-160.

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.

Galindo-Bect, M. S., Hernández-Ayón, J. M., Lavín, M. F., Diaz, M. A. H., Hinojosa, F. D. and Zavala, J. A. S. (2010) Distribution of penaeid shrimp larvae and postlarvae in the Upper Gulf of California. *Crustaceana*, 83, 809-819.

Geyer, W. R., Beardsley, R. C., Lentz, S. J., Candela, J., Limeburner, R., Johns, W. E., Castro, B. M. and Soares, I. D. (1996) Physical oceanography of the Amazon shelf. *Cont Shelf Res.* 16, 575-616.

Goes, J. I., Gomes, H. R., Chekalyuk, A. M., Carpenter, E. J., Montoya, J. P., Coles, V. J., Yager, P. L., Berelson, W. M. et al. (2014) Influence of the Amazon River discharge on the biogeography of phytoplankton communities in the western tropical north Atlantic. *Prog. Oceanogr.*, 120, 29-40.

Golden Software, Inc. (2005) *Surfer® User's Guide Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers*. Version 9.0. (<http://www.goldensoftware.com/>).

Gómez-Ponce, M. A. and Gracia, A. (2003). Distribution and abundance of larvae and adults of *Solenocera* (Decapoda, Solenoceridae) in the Southwestern Gulf of Mexico. *Crustaceana*, 76, 681-698.

- Gómez-Ponce, M. A. and Gracia, A. (2007) Dispersal patterns of shrimp larvae and postlarvae of the genus *Solenocera*. *Rev Biol Mar Oceanogr*, 42, 157-165.
- Landim, P. M. B. (2003) *Análise estatística de dados geológicos*. 2 Ed. São Paulo: UNESP, 259p.
- Legendre, P. and Birks, H. J. B. (2012) From classical to canonical ordination. Chapter 8, In: Birks, H. J. B., Lotter, A. F., Juggins, S. and Smol, J. P. [Eds]. *Track-ing Environmental Change us-ing Lake Sediments*, Vol 5: Data handling and numerical techniques. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 201-248.
- Longhurst, A. R. (1985) The structure and evolution of plankton communities. *Prog. Oceanogr.*, 15, 1-35.
- 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.
- Mikhailov, V. N. (2010) Water and Sediment Runoff at the Amazon River Mouth. *Water Res.*, 37, 145-159.
- Moller, 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.
- 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. et al. (2016) An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Sci. Adv.*, 2, 1-11.
- Muller-Karger, F. E., McClain, C. R. and Richardson, P. L. (1988) The dispersal of the Amazon's water. *Nature*, 333, 56-59.
- Nascimento Jr, W. R., Souza-Filho, P. W. M., Proisy, C., Lucas, R. M. and Rosenqvist, A. (2013) Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. *Estuar. Coast Shelf S.*, 117, 83-93.
- Nittroer, C. A. and DeMaster, D. J. (1996) Oceanography of the Amazon Continental Shelf. *Cont Shelf Res.*, 16, 551-841.
- Nittroer, C. A., Kuehl, S. A., Demaster, D. J. and Kowsmann, R. O. (1986) The Deltaic nature of Amazon shelf sedimentation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 97, 444-458.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B. et al. (2017) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-3. (<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>).

- Oshiro, L. M. Y. and Omori, M. (1996) Larval Development of *Acetes americanus* (Decapoda: Sergestidae) at Paranaguá and Laranjeiras Bays, Brazil. *J. Crust. Biol.*, 16, 709-729.
- Pham, D., Charmantier, G., Wabete, N., Boulo, V., Broutoi, F., Mailliez, J. R., Peignon, J. M. and Charmantier-Daures, M. (2012) Salinity tolerance, ontogeny of osmoregulation and zoo-technical improvement in the larval rearing of the Caledonian Blue Shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Decapoda, Penaeidae). *Aquaculture*, 362-363.
- Price, A. R. G., Mathews, C. P., Ingles, R. W. and Al-Rasheed, K. (1993) Abundance of zooplankton and Penaeid Shrimp Larvae in the Western Gulf: Analysis of Pre-War (1991) and Post-War Data. *Mar. Poll. Bull.*, 27, 273-278.
- Rao, V. B. and Hada, K. (1990) Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theor. Appl. Climatol.*, 42, 81-91.
- Richardson, P. L., Hufford, G., Limeburner, R. and Brown, W. (1994) North Brazil Current retro-flection eddies. *J. Geophys. Res.*, 99, 5081-5093.
- Rogers, B. D., Shaw, R. F., Herke, W. H. and Blanchet, R. H. (1993) Recruitment of postlarval and juvenile brown shrimp (*Penaeus aztecus* Ives) from offshore to estuarine waters of the Northwestern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast Shelf S.*, 36, 377-394.
- Santos, A. and Lindley, J. A. (2001) Crustacea: Decapoda: Larvae II. Dendrobranchiata (Aristeidae, Benthescymidae, Penaeidae, Solenoceridae, Sicyoniidae, Sergestidae and Luciferidae). In: Lindley, J. A. *Fiches d'Identification du Plancton*, 186. ICES Identification Leaflets for Plankton, pp. 1-9.
- Santos, M. L. S., Muniz, K., Barros-Neto, B. and Araujo, M. (2008) Nutrient and phytoplankton biomass in the Amazon River shelf waters. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 80, 703-717.
- Santos, A. P. F., Simões, S. M., Bochini, G. L., Costa, C. H., Costa, R. C. (2015) Population parameters and the relationships between environmental factors and abundance of the *Acetes americanus* shrimp (Dendrobranchiata: Sergestidae) near a coastal upwelling region of Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, 63, 229-238.
- Seidel, M., Yager, P. L., Ward, N. D., Carpenter, E. J., Gomes, H. R., Krusche, A.V., Richey, J. E., Dittmar, T. et al. (2015) Molecular-level changes of dissolved organic matter along the Amazon River-to-ocean continuum. *Mar. Chem.*, 177, 218-231.
- Silva, A. C., Santos, M. L. S., Araujo, M. C. and Bourlès, B. (2009) Observações hidrológicas e resultados de modelagem no espalhamento sazonal e espacial da pluma de água Amazônica. *Acta Amaz.*, 39, 361-370.
- Silva, E., Calazans, N., Soares, M., Soares, R. and Peixoto, S. (2010) Effect of salinity on survival, growth, food consumption and haemolymph osmolality of the pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). *Aquaculture*, 306, 352-356.
- Simões, S. M., D’Incao, F., Fransozo, A., Castilho, A. L. and Costa, R. C. (2013a) Sex ratio, growth and recruitment of the pelagic shrimp *Acetes americanus* on the southeastern coast of Brazil. *J. Crustacean Biol.*, 33, 1-9.

Simões, S. M., Castilho, A. L.; Fransozo, A., Negreiros-Fransozo, M. L. and Costa, R. C. (2013b) Ecological distribution of the shrimps *Acetes americanus* and *Peisos petrunkevitchi* (Crustacea, Sergestoidea) on the southeastern Brazilian littoral. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 93, 753-759.

Statsoft, Inc. (2015) *Statistica: data analysis software system*. Version 12.7. (<http://www.statsoft.com>).

Vance, D. J., Haywood, M. D. E., Heales, D. S. and Staples, D. J. (1996) Seasonal and annual variation in abundance of postlarval and juvenile grooved tiger prawns *Penaeus semisulcatus* and environmental variation in the Embley River, Australia: a six year study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 135, 43-55.

Vance, D. J., Haywood, M. D. E., Heales, D. S., Kenyon, R.A. and Loneragan, N. R. (1998) Seasonal and annual variation in abundance of postlarval and juvenile banana prawns *Penaeus merguensis* and environmental variation in two estuaries in tropical northeastern Australia: a six year study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 163, 21-36.

Vereshchaka, A. L., Lunina, A. A. and Olesen, J. (2015) Phylogeny and classification of the shrimp genera *Acetes*, *Peisos*, and *Sicyonella* (Sergestidae: Crustacea: Decapoda). *Zool. J. Linn. Soc.*, 177, 353-377.

Xiao, Y. and Greenwood, J. G. (1993) The biology of *Acetes* (Crustacea, Sergestidae). *Oceanogr. Mar. Biol.*, 31, 259-444.

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.

TABELAS

Tabela I. Coeficientes de correlação resultantes da Análise de Redundância Canônica (RDA) entre os vetores das variáveis explanatórias com as densidades das famílias dos camarões Dendrobranchiata na Plataforma Continental Amazônica (2013 - 2015). Valores em negrito indicam correlações acima de 0,7.

Variáveis	Código	Eixo 1	Eixo 2
Distância da Costa (Km)	DC	0,55	0,78
Meses	Mes	0,37	-0,08
Temperatura (°C)	Temp	-0,13	-0,84
Salinidade	Sal	0,78	0,25
Clorofila- <i>a</i> (µg/L ⁻¹)	Chlo	-0,72	-0,43
Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Vaz	0,13	-0,24
R ² = 0,31; R ² ajustado = 0,18			
Proporção de explicação		58,81%	22,64%

Tabela II. Resultado do Teste ANOVA-Permutacional para o modelo da RDA entre as variáveis ambientais e a assembleia dos camarões Dendrobranchiata na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Valor em negrito é significativo com nível de confiança de 95%.

	gl	Variação	F	p
Modelo	6	0,1459	2,4408	0,001
Resíduo	33	0,3288		
Número de permutações: 999				

FIGURAS

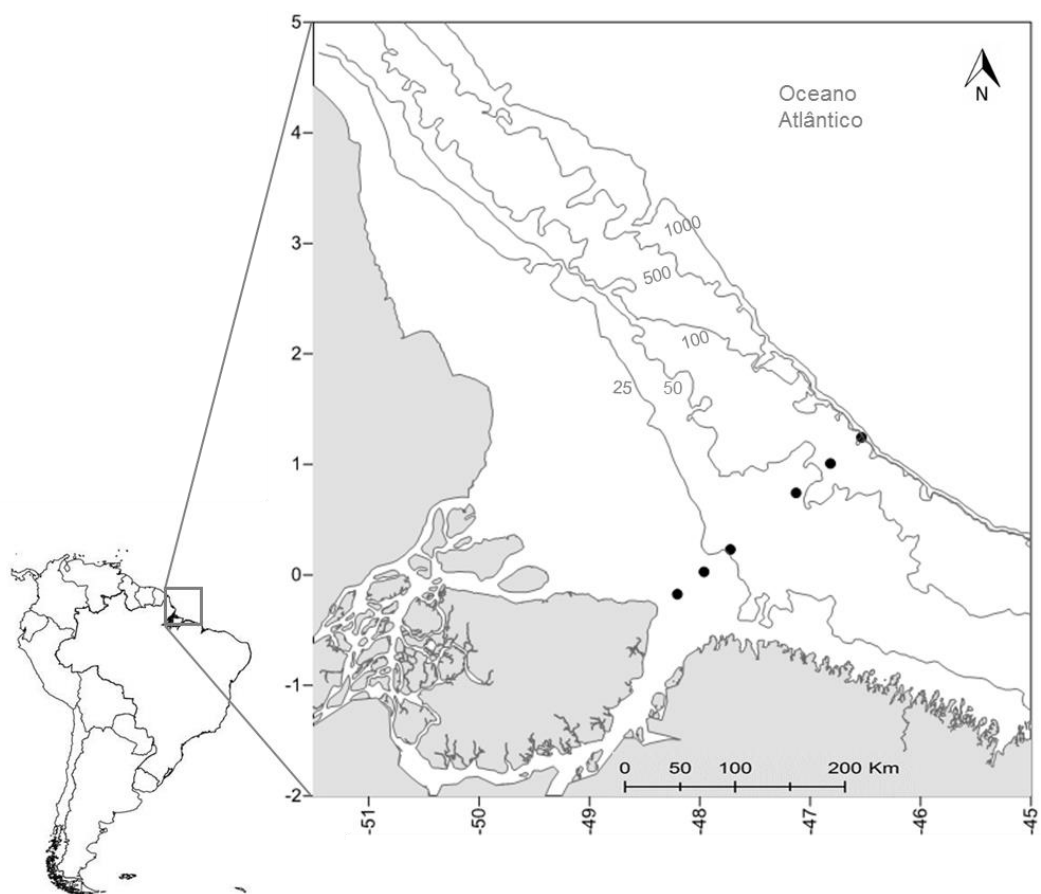


Fig. 1. Área de estudo, os pontos pretos representam os locais de amostragem da Plataforma Continental do Amazonas, no período de julho/2013 a janeiro/2015.

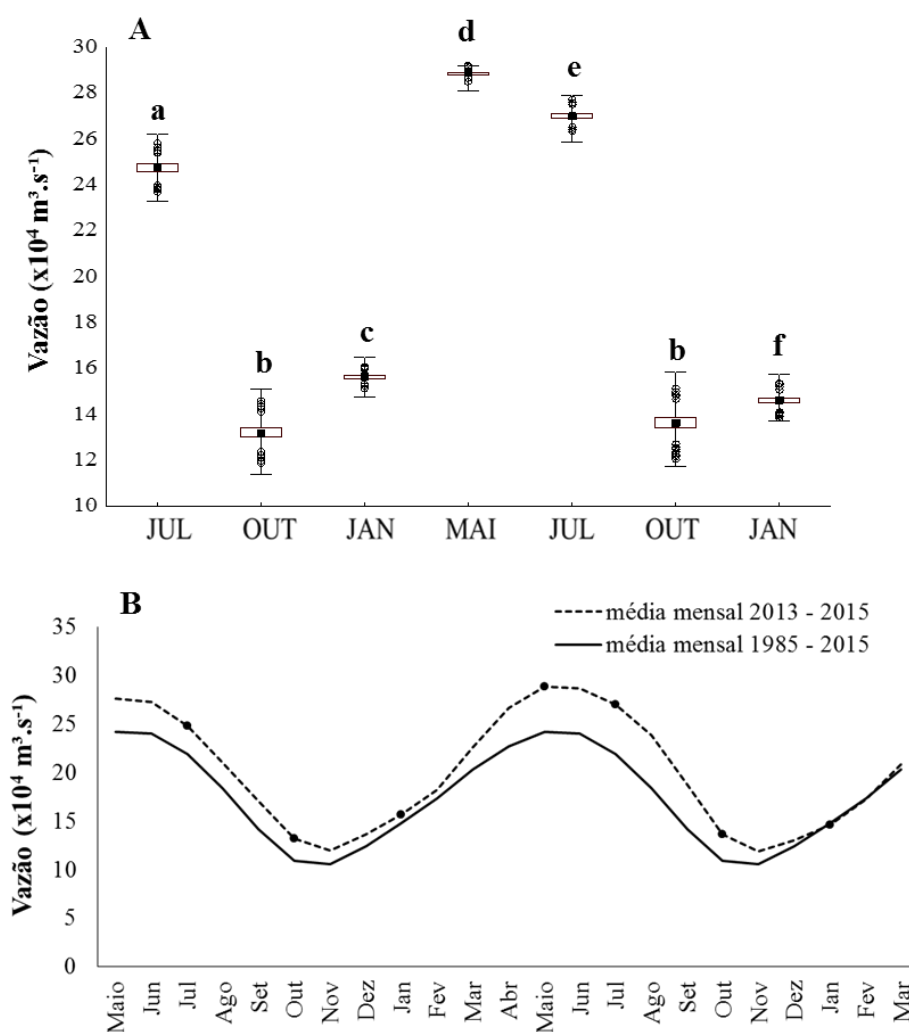


Fig. 2. Variação da vazão do Rio Amazonas em função do período de estudo (julho/2013 a janeiro/2014). **A:** Valores mínimos, máximos, outliers, média e erro padrão. Letras diferentes representam diferenças significativas com nível de confiança de 95%. **B:** Média da vazão diária do período de estudo e dos últimos 30 anos, os pontos pretos indicam os meses de amostragem na Plataforma Continental do Amazonas.

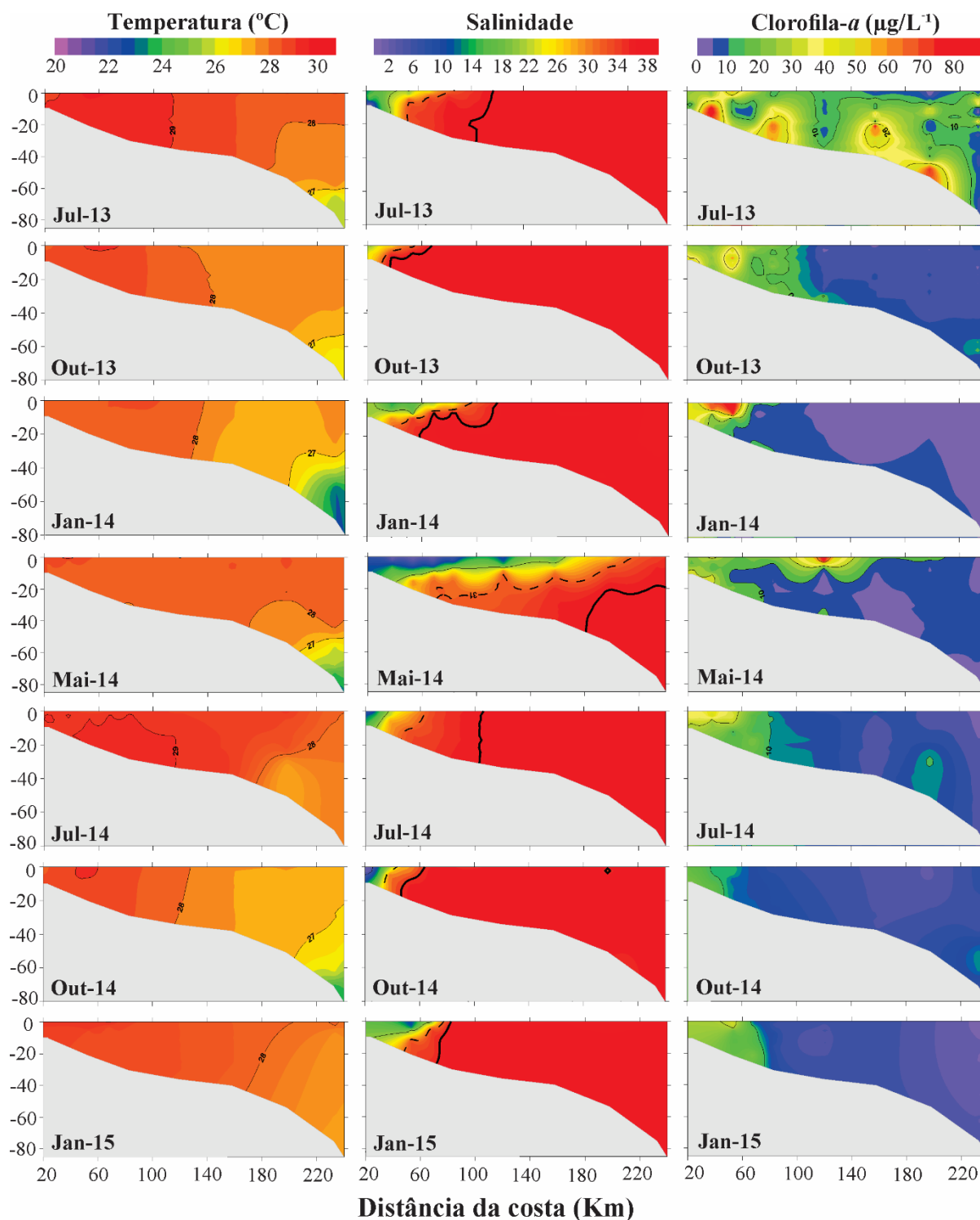


Fig. 3. Representação da variação da temperatura (°C), salinidade e clorofila-*a* (µg/L) na coluna d'água da Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Para a salinidade: Faixa estuarina (até a linha sólida), faixa de pluma interna (entre linha sólida e tracejada), faixa de pluma externa (entre a linha tracejada e linha mais espessa) e faixa oceânica (a partir da linha mais espessa).

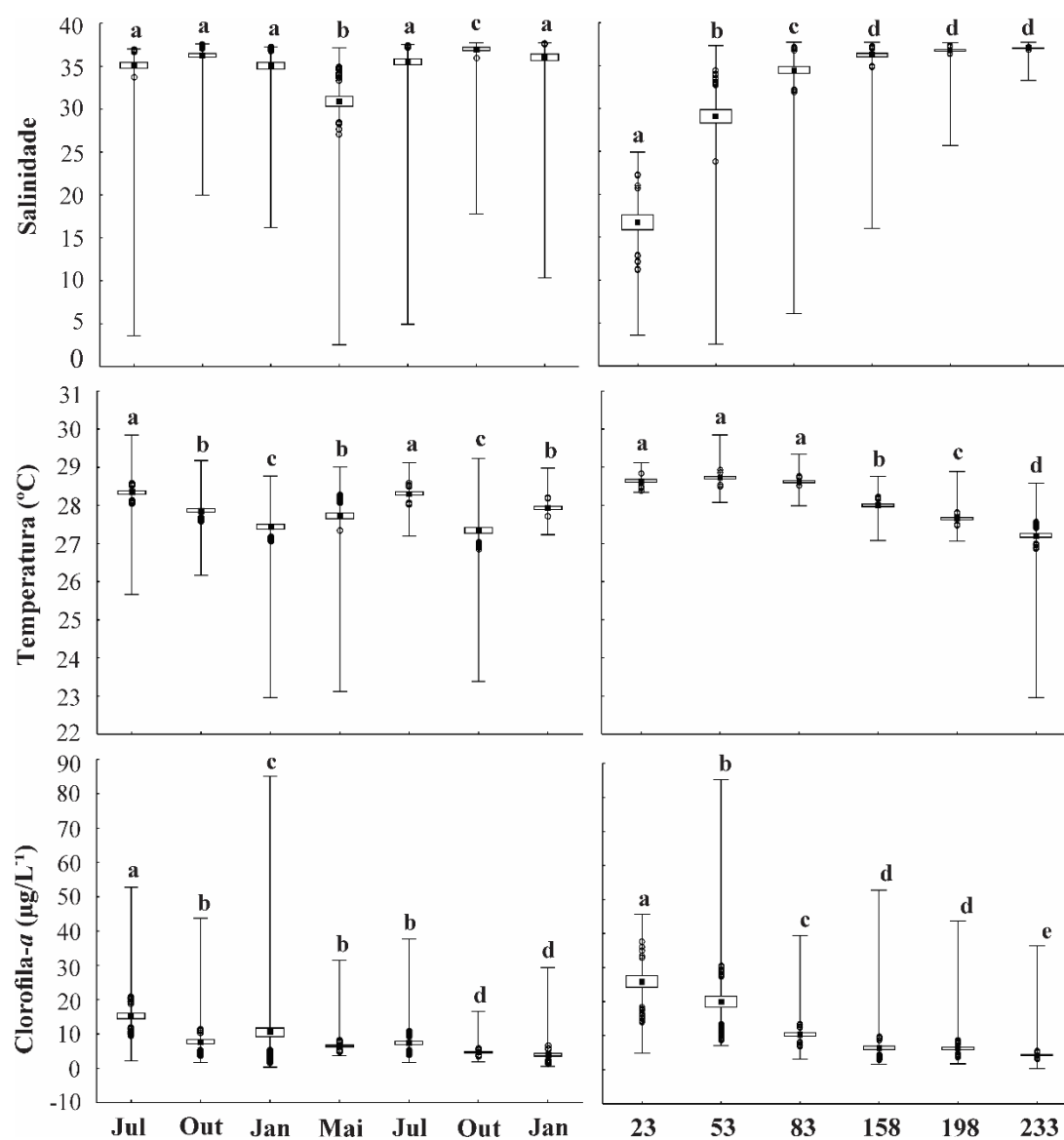


Fig. 4. Valores mínimos, máximos, outliers, média e erro padrão dos fatores abióticos em relação aos meses e distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Letras diferentes representam diferenças significativas com nível de confiança de 95%.

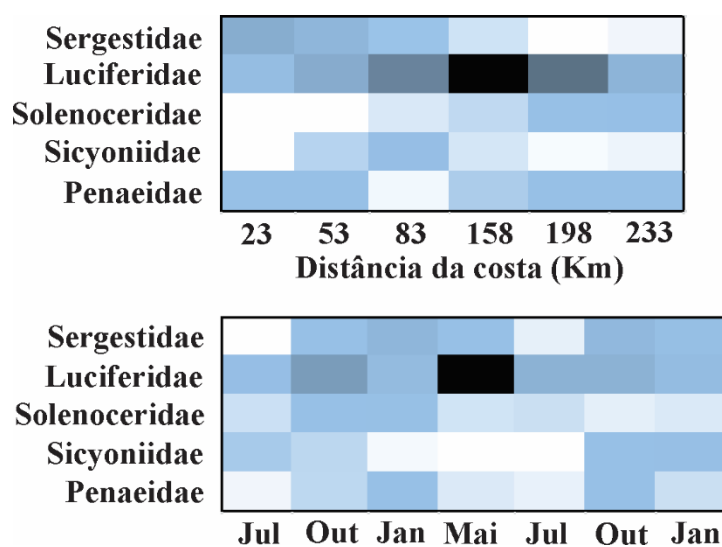


Fig. 5. *Heatmap* mostrando a distribuição da densidade total (org.m⁻³) da assembleia de camarões Dendrobranchiata em relação os meses e a distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015). Valores absolutos estão representados no apêndice III.

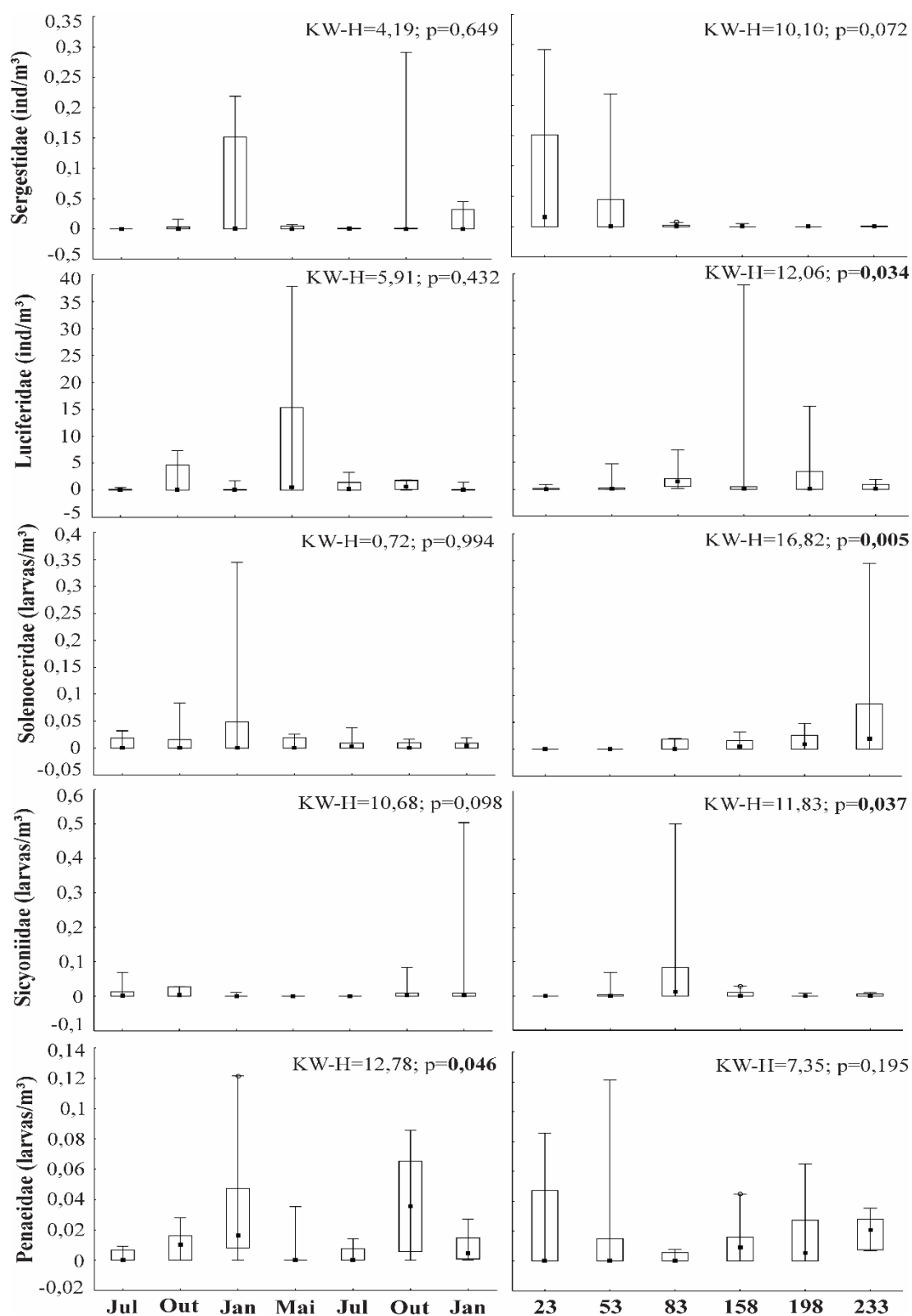


Fig. 6. Valores mínimos, máximos, medianas e quartis 25% e 75% da densidade (org.m⁻³) dos camarões Dendrobranchiata considerando os meses e a distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015).

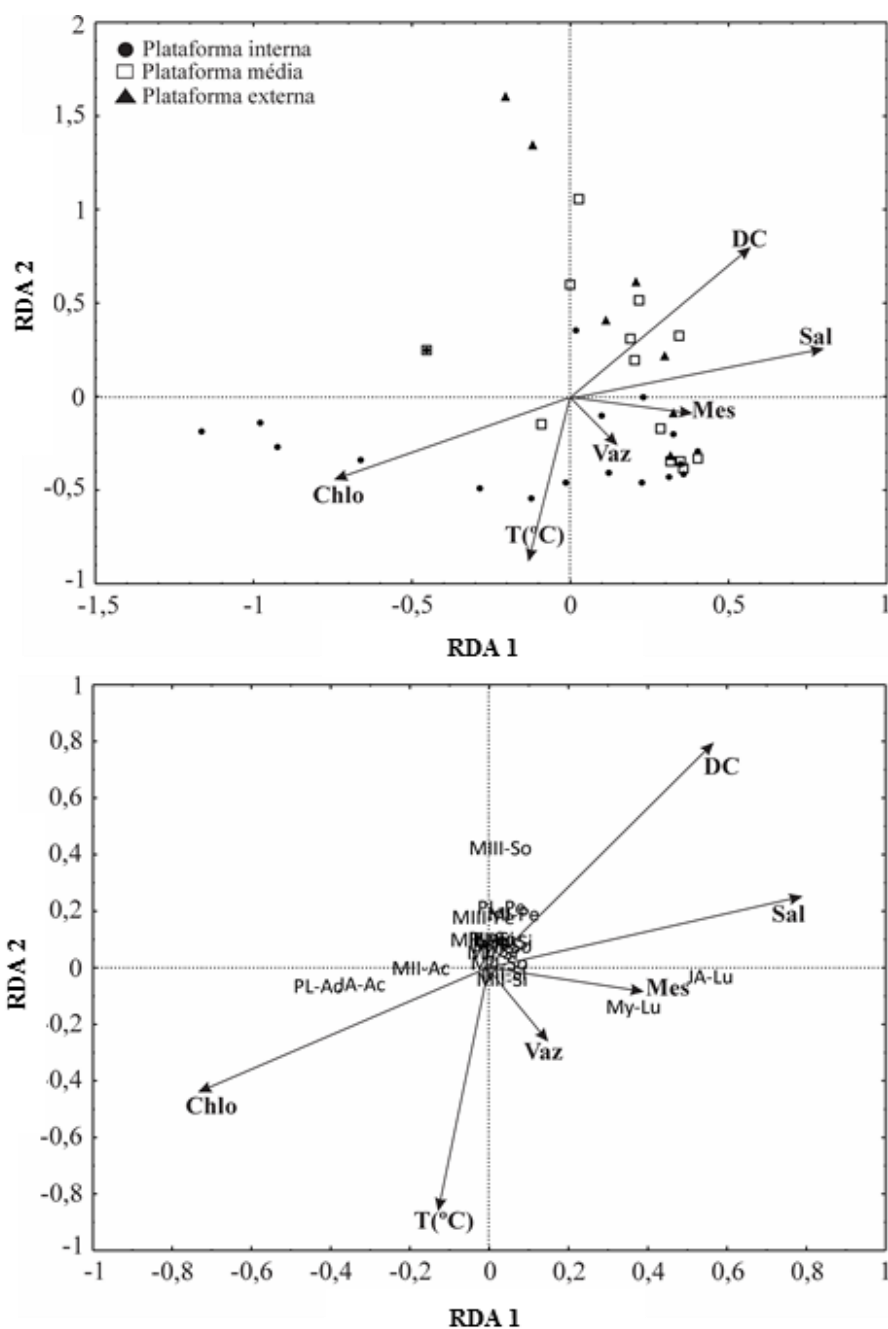


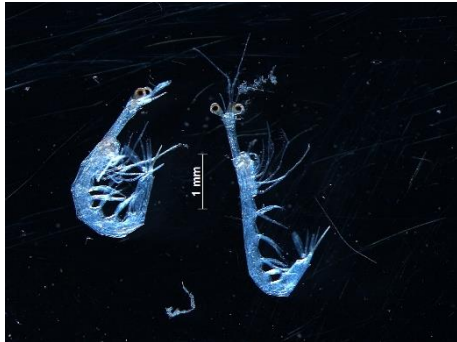
Fig. 7. Representação da dispersão da densidade dos camarões Dendrobranchiata em relação as variáveis explanatórias na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015), produzido a partir da Análise de Redundância Canônica (RDA). Proporção de explicação: RDA1: 58,8%; RDA2: 22,6%. A: scores das amostras com os vetores. B: scores dos táxons com os vetores. Para os códigos das variáveis explanatórias ver Tabela I e para os táxons, Apêndice IV.

APÊNDICES

APÊNDICE I - Valores mínimos, máximos, média e desvio padrão dos fatores abióticos em relação aos meses e distância da costa na Plataforma Continental do Amazonas, durante o período de Jul/13 a Jan/15.

Fatores	Temperatura (°C)					Salinidade				Clorofila (µg/L)				Vazão (10 ⁴ m ³ .s ⁻¹)			
	Mín-Máx		Média±dp			Mín-Máx		Média±dp		Mín-Máx		Média±dp		Mín-Máx		Média±dp	
Meses	Jul/13	25,67	29,85	28,34	0,63	3,57	37,01	35,11	4,81	2,14	52,76	15,24	11,52	23,28	26,20	24,74	0,87
	Out/13	26,16	29,17	27,87	0,61	19,97	37,60	36,28	2,95	1,61	43,73	7,78	8,64	11,40	15,08	13,21	1,12
	Jan/14	22,96	28,77	27,44	0,93	16,23	37,25	35,06	5,36	0,30	85,11	10,50	17,11	14,76	16,49	15,65	0,45
	Mai/14	23,12	29,01	27,73	1,19	2,54	37,16	30,93	8,89	3,61	31,45	6,49	3,89	28,11	29,19	28,85	0,30
	Jul/14	27,20	29,12	28,32	0,63	4,94	37,52	35,53	4,95	1,67	37,64	7,40	7,42	25,87	27,89	26,99	0,59
	Out/14	23,39	29,23	27,35	1,07	17,80	37,71	37,02	2,79	1,83	16,56	4,67	2,46	11,76	15,84	13,64	1,27
	Jan/15	27,24	28,98	27,94	0,52	10,37	37,73	36,04	4,62	0,56	29,34	3,93	4,59	13,71	15,76	14,61	0,62
Distância	23 Km	28,35	29,12	28,65	0,26	3,57	24,93	16,73	5,97	4,88	45,69	25,92	11,78				
	53 Km	28,08	29,85	28,72	0,37	2,54	37,34	29,09	8,89	7,08	85,11	19,95	17,95				
	83 Km	27,99	29,34	28,62	0,36	6,13	37,73	34,49	5,50	3,06	39,35	10,34	7,35				
	158 Km	27,08	28,76	28,00	0,54	16,05	37,71	36,23	3,21	1,62	52,76	6,44	8,17				
	198 Km	27,06	28,89	27,66	0,45	25,71	37,69	36,77	1,45	1,72	43,74	6,20	5,88				
	233 Km	22,96	28,59	27,22	1,10	33,26	37,70	37,03	0,57	0,30	36,32	4,29	3,56				

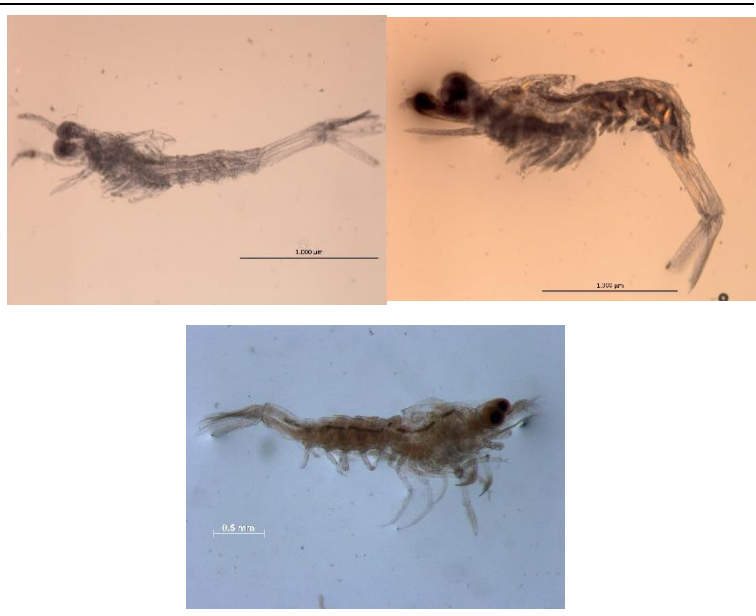
APÊNDICE II. Representantes da assembleia de camarões coletados na Plataforma Continental do Amazonas. Estágios de desenvolvimentos coletados - MI: mysis I, MII: mysis II, MIII: mysis III, PL: pós-larvas, JV: juvenis e AD: adultos. Locais onde os indivíduos foram encontrados na plataforma - 1: distância de 23 Km, 2: 53 Km, 3: 83 Km, 4: 158 Km, 5: 198 Km e 6: 233 Km.

	Táxons	Estágios de desenvolvimento	Locais na PCA	Imagens
Luciferidae				
	<i>Belzebub faxoni</i>	MI-III, PL, JV, AD	Todos	

APÊNDICE II. *Continuação.* Representantes da assembleia de camarões coletados na Plataforma Continental do Amazonas. Estágios de desenvolvimentos coletados - MI: mysis I, MII: mysis II, MIII: mysis III, PL: pós-larvas, JV: juvenis e AD: adultos. Locais onde os indivíduos foram encontrados na plataforma - 1: distância de 23 Km, 2: 53 Km, 3: 83 Km, 4: 158 Km, 5: 198 Km e 6: 233 Km.

Luciferidae	<i>Lucifer typus</i>	AD	5 e 6	
Sergestidae	<i>Acetes</i> spp.	MI-II, PL, JV, AD	1, 2, 3 e 4	  

APÊNDICE II. *Continuação.* Representantes da assembleia de camarões coletados na Plataforma Continental do Amazonas. Estágios de desenvolvimentos coletados - MI: mysis I, MII: mysis II, MIII: mysis III, PL: pós-larvas, JV: juvenis e AD: adultos. Locais onde os indivíduos foram encontrados na plataforma - 1: distância de 23 Km, 2: 53 Km, 3: 83 Km, 4: 158 Km, 5: 198 Km e 6: 233 Km.

Sergestidae	<i>Sergestes</i> spp.	MIII, PL	6	
Sicyoniidae	<i>Sicyonia</i> spp.	MI-III, PL	2, 3,4,5 e 6	

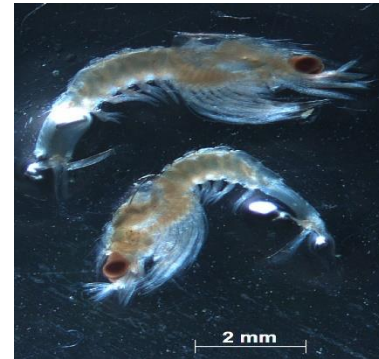
APÊNDICE II. *Continuação.* Representantes da assembleia de camarões coletados na Plataforma Continental do Amazonas. Estágios de desenvolvimentos coletados - MI: mysis I, MII: mysis II, MIII: mysis III, PL: pós-larvas, JV: juvenis e AD: adultos. Locais onde os indivíduos foram encontrados na plataforma - 1: distância de 23 Km, 2: 53 Km, 3: 83 Km, 4: 158 Km, 5: 198 Km e 6: 233 Km.

Solenoceridae

Solenocera spp.

MI-III, PL

3,4,5 e 6



Penaeidae

Penaeus sp.

PL

1, 3, 5 e 6



APÊNDICE II. *Continuação.* Representantes da assembleia de camarões coletados na Plataforma Continental do Amazonas. Estágios de desenvolvimentos coletados - MI: mysis I, MII: mysis II, MIII: mysis III, PL: pós-larvas, JV: juvenis e AD: adultos. Locais onde os indivíduos foram encontrados na plataforma - 1: distância de 23 Km, 2: 53 Km, 3: 83 Km, 4: 158 Km, 5: 198 Km e 6: 233 Km.

Penaeidae

Xiphopenaeus kroyeri

MI-III

1, 2, 3, 5 e 6



NID

MI-III

2, 3,4,5 e 6



APÊNDICE III: Valores absolutos do somatório da densidade (org.m^{-3}) dos camarões Dendrobranchiata em relação aos meses e a distância da costa (Km) na Plataforma Continental do Amazonas (2013-2015) utilizados para a elaboração do heatmap da Figura 4.

Sergestidae	4,91	2,67	0,10	0,05	0,00	0,02
Luciferidae	1,09	5,13	14,55	38,85	18,90	3,10
Solenoceridae	0,00	0,00	0,04	0,06	0,11	0,49
Sicyoniidae	0,00	0,07	0,64	0,04	0,01	0,02
Penaeidae	0,13	0,15	0,02	0,08	0,11	0,14
	23	53	83	158	198	233

Sergestidae	0,00	0,19	3,72	0,12	0,03	2,92	0,77
Luciferidae	0,80	12,21	1,94	54,36	5,26	5,29	1,77
Solenoceridae	0,05	0,10	0,39	0,05	0,05	0,03	0,04
Sicyoniidae	0,09	0,07	0,01	0,00	0,00	0,10	0,52
Penaeidae	0,02	0,06	0,21	0,04	0,02	0,23	0,05
	Jul	Out	Jan	Mai	Jul	Out	Jan

APÊNDICE IV: Scores das amostras e dos táxons de camarões Dendrobranchiata resultantes da Análise de Redundância Canônica (RDA).

Variável	Código	RDA1	RDA2
Amostra-1	1	-0,45356	0,25086
Amostra-2	2	-0,01587	-0,45566
Amostra-3	3	0,31382	-0,43162
Amostra-4	4	0,20428	0,19928
Amostra-5	5	-0,45356	0,25086
Amostra-6	6	0,11074	0,41164
Amostra-7	7	-0,28832	-0,49072
Amostra-8	8	0,32528	-0,19960
Amostra-9	9	0,12239	-0,40341
Amostra-10	10	-0,00049	0,59691
Amostra-11	11	0,18861	0,31021
Amostra-12	12	-0,20362	1,60608
Amostra-13	13	-1,16515	-0,18171
Amostra-14	14	-0,97823	-0,13843
Amostra-15	15	0,22644	-0,46089
Amostra-16	16	-0,08920	-0,14380
Amostra-17	17	0,02575	1,05242
Amostra-18	18	-0,11664	1,34597
Amostra-19	19	-0,45356	0,25086
Amostra-20	20	-0,45356	0,25086
Amostra-21	21	-0,12384	-0,54018
Amostra-22	22	0,35695	-0,38503
Amostra-23	23	0,34695	-0,34228
Amostra-24	24	0,32406	-0,08820
Amostra-25	25	0,01519	0,35925
Amostra-26	26	0,09802	-0,10140
Amostra-27	27	0,34864	-0,35743
Amostra-28	28	0,40067	-0,32619
Amostra-29	29	0,34493	0,32772
Amostra-30	30	0,20806	0,61440
Amostra-31	31	-0,66153	-0,33414
Amostra-32	32	0,40426	-0,29196
Amostra-33	33	0,35909	-0,41096
Amostra-34	34	0,28575	-0,16808
Amostra-35	35	0,21583	0,51499
Amostra-36	36	0,31502	-0,31597
Amostra-37	37	-0,92511	-0,27150
Amostra-38	38	0,22966	-0,00278
Amostra-39	39	0,31501	-0,34520
Amostra-40	40	0,29683	0,21875

APÊNDICE IV: *Continuação.* Scores das amostras e dos táxons de camarões Dendrobranchiata resultantes da Análise de Redundância Canônica (RDA).

Mysis II – <i>Acetes</i> spp.	MII-Ac	-0,17145	-0,04668
Pós-larva – <i>Acetes</i> spp.	PL-Ac	-0,43275	-0,11010
Jovens e Adultos – <i>Acetes</i> spp.	JA-Ac	-0,31995	-0,10326
Mysis III – <i>Sergestes</i> spp.	MII-Sr	0,01203	0,00903
Pós-larva – <i>Sergestes</i> spp.	PL-Sr	0,01262	0,01662
Mysis e pós-larva – Luciferidae	My-Lu	0,36463	-0,18274
Jovens e Adultos – Luciferidae	JA-Lu	0,55892	-0,07680
Mysis II – Solenoceridae	MI-So	0,04314	0,03184
Mysis II – Solenoceridae	MII-So	0,02680	-0,02836
Mysis III – Solenoceridae	MIII-So	0,02999	0,37799
Pós-larva – Solenoceridae	PL-So	0,00775	0,05792
Mysis I – Sicyoniidae	MI-Si	0,03758	-0,06443
Mysis II – Sicyoniidae	MII-Si	0,03224	-0,08650
Mysis III – Sicyoniidae	MIII-Si	0,03907	0,04517
Pós-larva – Sicyoniidae	PL-Si	0,00963	0,05555
Mysis I – Penaeidae	MI-Pe	0,06187	0,14491
Mysis II – Penaeidae	MII-Pe	-0,02474	0,05369
Mysis III – Penaeidae	MIII-Pe	-0,01343	0,13343
Pós-larva – Penaeidae	PL-Pe	0,03099	0,16858

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese apresenta pela primeira vez informações com uma abordagem sazonal ao longo de dois anos, sobre a distribuição da densidade de camarões Dendrobranchiata (Sergestoidea e Penaeoidea), no plâncton da Plataforma Continental do Amazonas, contribuindo como um primeiro passo para a caracterização de uma ampla área relevante e pouco estudada. Verificamos um maior número de táxons conforme houve o aumento da distância da costa, onde os Luciferidae, Solenoceridae e Penaeidae foram mais frequentes, enquanto que os Sicyoniidae e Sergestidae tiveram menor frequência de ocorrência à medida em que se aproximou ao talude. O camarão *Belzebub faxoni* (Luciferidae) apresentou as maiores densidades, seguidos dos *Acetes* sp. (Sergestidae). As menores densidades corresponderam aos camarões Penaeoidea.

As maiores densidades ocorreram mais próximas a costa, o que reforça a presença de espécies que suportam a grande variação dos fatores ambientais na PCA. Os camarões presentes na plataforma interna estiveram associados com a Clorofila, Temperatura e Vazão, enquanto que os camarões da plataforma média e externa foram relacionados com a Salinidade e a Distância da costa. A vazão do Rio Amazonas exerce grande influência na dinâmica da Plataforma Continental Amazônica, principalmente nos fatores salinidade e da clorofila-*a*, explicando a distribuição da assembleia dos camarões.

Nossos resultados indicam padrões temporais e horizontais específicos para as fases planctônicas de cada família, mostrando que cada grupo varia distintamente ao longo do ano e da distância costa-oceano. Destacamos aqui, a Plataforma Continental do Amazonas como uma área de prioridade extremamente alta para conservação, uma vez que é área-berçário para pelo menos cinco famílias de camarões, incluindo camarões com importância econômica.

“É permitida a distribuição e a cópia parcial ou total deste documento desde que citada a fonte: as autoras. Não é permitido modificar a obra, tampouco a utilizar para fins comerciais.”