

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



MIANI CORRÊA QUARESMA

**LARVAS DO CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (DECAPODA,
PALAEMONIDAE) EM IGARAPÉS OLIGOHALINOS COM DIFERENTES
GRADIENTES DE CONTAMINAÇÃO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

Belém – PA

2017

MIANI CORRÊA QUARESMA

**LARVAS DE CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (DECAPODA,
PALAEMONIDAE) EM IGARAPÉS OLIGOHALINOS COM DIFERENTES
GRADIENTES DE CONTAMINAÇÃO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Ciências Biológicas, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Licenciada em Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos, Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Aquáticos, Instituto de Ciências Biológicas, UFPA.

MIANI CORRÊA QUARESMA

**LARVAS DE CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (DECAPODA,
PALAEMONIDAE) EM IGARAPÉS OLIGOHALINOS COM DIFERENTES
GRADIENTES DE CONTAMINAÇÃO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Ciências Biológicas, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Licenciada em Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos, Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Aquáticos, Instituto de Ciências Biológicas, UFPA.

Orientadora:

Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos

Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Aquáticos, UFPA.

Banca Avaliadora:

Profa. Dra Bianca Bentes

Instituição: IECOS- UFPA, Bragança - PA

Dra. Danielly Brito de Oliveira

Instituição: ICMBio, Pará

Belém - PA

2017

Agradecimentos

Eu agradeço primeiramente à **Deus**, por conversar comigo em todos os momentos, por sua presença integral, e pelo seu amor incondicional.

Agradeço aos meus pais, **Maria Quaresma** (Mamusca) e **Manoel Quaresma** (Papusco), e a minha irmã, **Mylena Quaresma** (Mana), pelo investimento diário a mim disponibilizado, pelo colo nos momentos tristes e palavras sinceras. Vocês são o meu porto seguro. Esse trabalho é fruto do amor de vocês. Esse trabalho é pra vocês!

A minha orientadora **Dra. Jussara Martinelli-Lemos** (ou simplesmente Ju), por sua delicadeza e leveza em todas as conversas que teve comigo ao longo da minha formação. És meu *espelho* e meu primeiro exemplo de pesquisadora a ser seguido. Obrigada pela orientação sem igual. Obrigada por tudo!

A minha eterna e amada, mais conhecida como gata, e não é força de expressão, **Priscila Nóbrega**, pela ajuda infinita, pelos áudios e e-mail's minuciosamente explicados, como respostas as minhas dúvidas. Te agradeço muito!

Ao **Ronaldo Moraes**, pela paciência em ler o que eu amo pesquisar, que é totalmente diferente de sua formação. Você me incentivou de diversas formas a seguir em frente. Obrigada!

Este trabalho também é fruto do amor do meu grupo de pesquisa pelo trabalho com crustáceos, pois elas (e mais recentemente eles) me ajudaram a 'parir' o meu 'primeiro filho', desde a coleta até a defesa. As **GPECA's** (em especial a **Carol, Deia, Dani, Dany, Fran e Leiloca**) que estarão para sempre no meu coração. *Vocês são as pesquisadoras mais lindas do mundo!*

Os meus singelos agradecimentos também são dedicados aos meus amigos da UFPA, em especial a **Valéria Barbosa** e **Anna Emília**. Vocês são dez! Obrigada por

aturar o meu stress, mesmo eu não querendo dividir o motivo dele com vocês. Isso foi uma forma de proteger a nossa amizade. Obrigada pela compreensão e força diária!

Aos meus amigos do Planetário, que sempre falaram que eu era capaz, em especial ao **Edmar, Sara, Isabelly e Bianca** (vocês fizeram das minhas manhãs de 2016 as melhores da minha vida). Aos estagiários de química, **Cassia, Stephanie e Daniel**, que sempre me abraçaram em momentos tristes e alegres, e que sempre me fizeram rir e me sentir inteligente depois de chorar por desespero.

Obrigada a todos que me ajudaram no TCC!

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
RESUMO.....	3
INTRODUÇÃO.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS.....	6
DISCUSSÃO.....	12
AGRADECIMENTOS.....	14
REFERENCIAS.....	14
ANEXO.....	22

APRESENTAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como principal objetivo demonstrar como os estágios larvais de *Macrobrachium amazonicum* estão distribuídos em canais de maré oligohalinos da região Amazônica, com diferentes níveis de contaminação. Deste modo, os autores optaram pela apresentação em formato de artigo, ao qual foi submetido para publicação no periódico **Journal of Natural History**, sendo as normas de apresentação da revista respeitadas. O formato integral do artigo em inglês encontra-se no Anexo.

**Larvas de camarão *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) em
igarapés oligoalinos com diferentes gradientes de contaminação em um estuário
amazônico**

**Miani Corrêa Quaresma^a, Priscila Sousa Vilela da Nóbrega^a,
Valérie Sarpedonti^b, Vanessa Bandeira da Costa^c & Jussara Moretto Martinelli-
Lemos^{a*}**

ENDEREÇOS

^a*Grupo de Pesquisa em Ecologia de Crustáceos da Amazônia – GPECA, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (UFPA), Avenida Augusto Corrêa 01, Zip Code 66.075-110, Belém-Pará, Brasil. Phone: +00559132029104. E-mails: mianiquaresmac@gmail.com; nobrega@ufpa.br.*

^b*Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (UFPA), Avenida Augusto Corrêa 01, Zip Code 66.075-110, Belém-Pará, Brasil. E-mail: valerie.sarpedonti@gmail.com*

^c*Instituto Evandro Chagas/SVC/MS, Seção de Meio Ambiente, Rod. Br 316, Km 7 Levilândia, Ananindeua-Pará, Brasil. Phone:+00559132142101. E-mail:nessa_costa@yahoo.com.br*

***Correspondência para o autor: Jussara M. Martinelli-Lemos; Universidade Federal do Pará (UFPA), Avenida Augusto Corrêa 01, Zip Code 66.075-110, Belém-Pará, Brasil; jussara@ufpa.br; jussara.lemos@icloud.com**

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sob concessão [número481157 / 2010-7]

Abstract

The aim objective of this study was to assess densities of *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) larval stages in two highly anthropized amazonian creeks (known as Tucunduba and Mata Fome) and in one creek less impacted by human activities (Combu). The hypothesis tested is that larvae are more abundant in protected areas, and this independently of their development stage. Zooplankton was collected once every three months (March 2011 to January 2012) conducting horizontal hauls tows at the sub-surface of the water column using a 300 µm mesh-size plankton net during flood, slack and ebb tides. Temperature, pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen, hardness, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, Cl, N-NO³⁻, NO²⁻, NH₃, NH₄⁺, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Fe, Mg²⁺, Li, K⁺ and Na⁺ values or concentrations were estimated in each creek in order to verify whether these factors influence larval stages densities. Zoea larval stages I, V, VIII, X and XI were recorded; zoea stage I was present in all three creeks (Tucunduba and Mata Fome Creeks only on creek mouth, and Combu in all points) while the other stages were encountered only in the less anthropized creek, Combu. Larval stage zoea XI was considered as occasional since it was represented only by three individuals captured in Tucunduba Creek. Zoea stage I was the most abundant; its density differed significantly between months (p=0.0004), tides (p=0.001) and creeks (p<0.001); it showed negative correlations with pH and salinity (both presenting values of R=-0.15 and p=0.04, NO₂ (R=-0.30; p<0.01), NH₄⁺ (R=-0.24; p=0.01), NH₃ (R=-0.24; p=0.01) and Na⁺ (R=-0.22; p=0.04) and a positive correlation with SO₄²⁻ (R=0.24; p=0.008). It was concluded that *M. amazonicum*'s spawning ground was closed to the three creeks. However, the absence of larval stage zoea I in both upstream Tucunduba and Mata Fome Creeks indicated that this species cannot survive in contaminated environments.

Destaques

1. Primeiro estudo sobre as densidades de larvas do camarão amazônico *Macrobrachium amazonicum* em três igarapés com diferentes exposições às atividades humanas.
2. A desova das larvas ocorrem em locais próximos aos igarapés.
3. As larvas não podem permanecer ou sobreviver em ambientes contaminados.

Palavras chave: Crustacea, distribuição espaço-temporal, igarapés, zooplâncton

Introdução

Os camarões *Macrobrachium* (Bate, 1868) são caracterizados por alta fecundidade e reprodução contínua (Valenti et al. 1986; Lucena-Frédou et al. 2010; Bentes et al. 2011; Freire et al. 2012; Nóbrega et al. 2014; Lima et al. 2014). *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) é o camarão dulcícola mais frequentemente estudado entre os representantes do gênero e é consumido pelas populações ribeirinhas da Amazônia, sendo comercializado nos Estados do Pará e

Amapá pela pesca artesanal (Odinetz-Collart 1987), onde possui mercado considerável (Silva et al. 2009; Lucena-Frédou et al. 2010; Bentes et al. 2011b). Esta espécie apresenta onze estágios de desenvolvimento, todos descritos por Magalhães (1985); Após vinte a vinte e três dias, as larvas atingem o estágio juvenil, alimentando-se essencialmente de fito e zooplâncton (Gamba 1984). Essas podem eclodir em um estágio de desenvolvimento avançado, sugerindo habilidades relativamente boas para se adaptarem às mudanças ambientais (Williamson, 1972; Magalhães, 1985; Walker, 1992).

De acordo com Tu et al. (2008), adultos de *Macrobrachium* mostram alta plasticidade ambiental, embora sua distribuição possa ser altamente afetada pelo nível de antropização. Apesar de sua importância sócio-econômica e ecológica, pouco se sabe sobre as densidades de larvas de *M. amazonicum* em seu ambiente natural, especialmente em relação à poluição.

Baseado neste fato, e na desova da espécie a montante dos ambientes estudados (Bentes et al. 2011a), o objetivo deste estudo foi verificar se as larvas de *M. amazonicum* estão presentes em três igarapés do estuário amazônico, com diferentes exposições às atividades humanas, para aferir se as larvas podem ser encontradas nestes três ambientes oligohalinos e testar se as densidades larvais variam significativamente com os parâmetros da água e níveis de antropização.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em três igarapés oligohalinos (Tucunduba, Mata Fome e Combu), no entorno da região metropolitana de Belém (PA), Brasil (Figura 1). Eles são margeados por vegetação de várzea, sendo periodicamente inundados e sofrendo influência das macromarés (aproximadamente 4 metros). As drenagens foram escolhidas com base nos diferentes graus de exposição às ações antrópicas.

O Igarapé da Ilha do Combu (Figura 1), localizado na parte insular do município, desemboca no Rio Guamá e é livre de impactos antrópicos diretos, sendo considerado Área de Proteção Ambiental (APA) - Portaria SEMA n° 1.945 (SEMA, 2008) - e área de referência para este estudo. O Igarapé do Tucunduba, localizado na margem oposta ao Combu (Figura 1), recebe os efluentes não tratados das moradias da periferia da cidade Belém, sendo ocupado por população residente em seu entorno, principalmente na região da cabeceira e intermediária, com foz abrigada por pequena área de mata ciliar, servindo de descarte de lixo e dejetos orgânicos.

O Igarapé Mata Fome (Figura 1), cuja bacia possui uma área de cerca de 14Km², é contornado por cinco bairros da Região Metropolitana de Belém, o que permite evidenciar as consequências da ação humana por todo o curso d'água, com processo de ocupação iniciado há mais de três décadas e já totalmente antropizado, sem qualquer tratamento aos dejetos orgânicos e tendo lixo jogado diretamente ao longo do seu percurso hídrico (Ravena-Cañete et al. 2009).

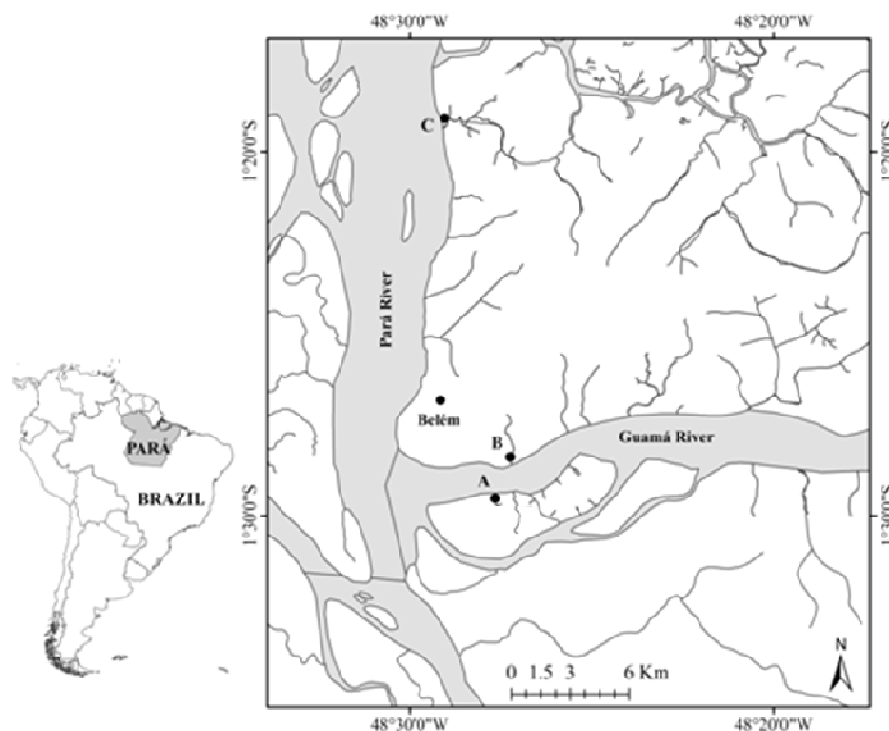


Figura1: Location of the study region: tidal channel of Combu (A), Tucunduba (B) and Mata Fome (C).

As coletas das larvas de *M. amazonicum* ocorreram trimestralmente (março de 2011 a janeiro de 2012), na lua nova e abrangendo os diferentes períodos do ano (chuvoso: janeiro e março e menos chuvoso: junho e setembro). Os arrastos foram realizados através de rede de plâncton cônico-cilíndrica de 300 μ m de abertura de malha, a qual foi acoplada um fluxômetro para estimar o volume de água filtrado. Os arrastos foram puxados por uma canoa motorizada e realizados por períodos de três minutos, no sentido contracorrente, ao longo das marés enchente e vazante durante todo o período diurno, com amostragens consecutivas na foz e à montante na montante e 2-kms adentro de cada igarapé, contemplando somente o canal principal do curso hídrico. Amostras no período de estofa também foram coletadas. Sendo que os arrastos foram realizados de hora em hora, cada dia de coleta contabilizou em torno de 14 amostras por igarapés.

As larvas foram fixadas em formaldeído 4% neutralizado com tetraborato de sódio, sendo observadas em microscópio e identificadas após dissecação dos apêndices com base em Guest (1979), Magalhães (1985) e Santos e Gonzáles-Gordillo (2004).

As variáveis físico-químicas da água, temperatura ($^{\circ}$ C), pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade e oxigênio dissolvido (OD), foram obtidos *in situ* através de uma sonda multiparamétrica (HI 9828 HANNA®) e a transparência estimada com um disco de Secchi. Adicionalmente, foram coletadas amostras de 1L de água as quais foram para análise em laboratório, onde as variáveis, turbidez, sólidos totais em suspensão (STS) e demanda química de oxigênio (DQO), foram determinadas por Espectrofotometria de UV-VIS (DR 2400 da HACH). Já, os ions nitrito (NO₂-), nitrato (N-NO₃-), nitrogênio amoniacal (N-NH₄), fosfato (PO₄-

), sulfato (SO₄²⁻), sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), ferro total (Fe), cloro livre (Cl), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺) e Lítio (Li) foram determinados por Sistema de Cromatografia de Íons (ICS DUAL 2000 DIONEX, USA). Enquanto que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi mensurada pelo método respirométrico (APHA et al., 2005) e o Ferro Total (Fe) pela técnica de Espectrometria de Emissão ótica com Plasma Induzido (ICP OES) (iCAP 6000 - THERMO SCIENTIFIC).

A abundância relativa (%) e a densidade total (larvas/100m³) das larvas de *M. amazonicum* foram calculadas em relação aos igarapés (Tucunduba e Mata Fome: contaminados; Combu: sem histórico de contaminação), à maré (enchente, vazante e estofo) e aos meses (março/2011, junho, setembro e janeiro/2012). Estágios larvais que apresentaram abundância menor que 1% não foram utilizados nas análises estatísticas. O volume de água filtrado foi estimado através do número de rotação do fluxômetro, valor de calibração do mesmo e área da abertura da rede, seguindo a fórmula: $V = A \cdot N \cdot C$, onde: V= volume de água filtrada (m³); A= área da abertura da rede (m²); N= número de rotações do fluxômetro (diferença de dígitos ao final e no início das coletas); C= fator de calibração do fluxômetro (m.rot⁻¹).

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi a técnica de ordenação utilizada para verificar quais variáveis abióticas contribuem significativamente para a diferença entre os igarapés estudados. Para testar se há diferença na densidade das larvas de *M. amazonicum* em relação aos tratamentos (igarapés, mês e maré) foi realizada uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) utilizando-se 999 permutações (Anderson, 2005). Utilizou-se matriz de similaridade com o índice de Bray-Curtis, a partir de valores de densidade transformados para log (x+1). Para o teste da relação da densidade com os locais amostrados foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-wallis, por conta dos dados não atenderem aos critérios da PERMANOVA. A relação entre as larvas de camarão-da-Amazônia e os parâmetros de qualidade de água foi testada por Correlação de *Spearman*, utilizando-se como variável dependente a densidade larval, e como variáveis independentes, os fatores abióticos.

Resultados

Os dois componentes principais da PCA foram mantidos para discriminação dos igarapés, pois juntos explicaram 40,19 % da variabilidade dos dados, distribuídos como eixo 1= 25,80 e eixo 2 = 14,38. O eixo 1 foi positivamente correlacionado com a condutividade, total de sólidos dissolvidos, salinidade, N-NO₃⁻, NH₄⁺ e cálcio. O eixo 2 foi correlacionado negativamente com a turbidez, bromo e magnésio (Figura 2).

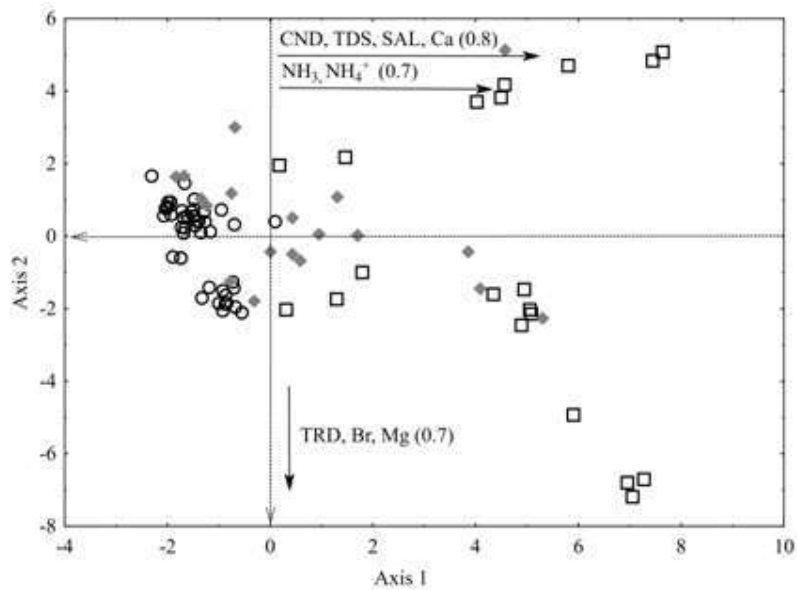


Figura 2: Análise de componentes principais das variáveis abióticas coletadas em três igarapés amazônicos. CND = condutividade, TDS = total de sólido dissolvido, SAL = salinidade, NO_3^- = nitrato, NH_4^+ = amônia, Ca = cálcio, TRD = turdidez, BR = bromo e MG = magnésio. O: Combú, □: Mata Fome, ◇: Tucunduba.

Os estágios de zoé I, V, VIII, X e XI de *M. amazonicum* foram encontrados, o que totalizou 3.71 larvas/m³, sendo a zoé I mais abundante (3.68 larvas/m³) e presente nos três igarapés. Com menor abundância, os estágios de zoé V, VIII, X e XI (0.010, 0.0005, 0.007 e 0.009 larvas/m³, respectivamente) ocorreram somente no Igarapé do Combú (menos antropizado). Apenas três larvas de zoé XI foram encontradas no Igarapé Tucunduba. Os testes estatísticos foram realizados exclusivamente com as densidades de zoé I, uma vez que os demais estágios totalizaram menos de 1% do total amostrado.

A densidade de zoé I variou significativamente ($p(\text{perm}) = 0.001$) entre os meses, sendo maior em junho e janeiro (0.04 e 0.02 larvas/m³, respectivamente) e menor em setembro e março (0.01 e 0.007 larvas/m³, respectivamente) (Figura 3). Houve diferenças também entre março e junho ($p(\text{perm}) = 0,001$), e entre junho e janeiro ($p(\text{perm}) = 0,015$).

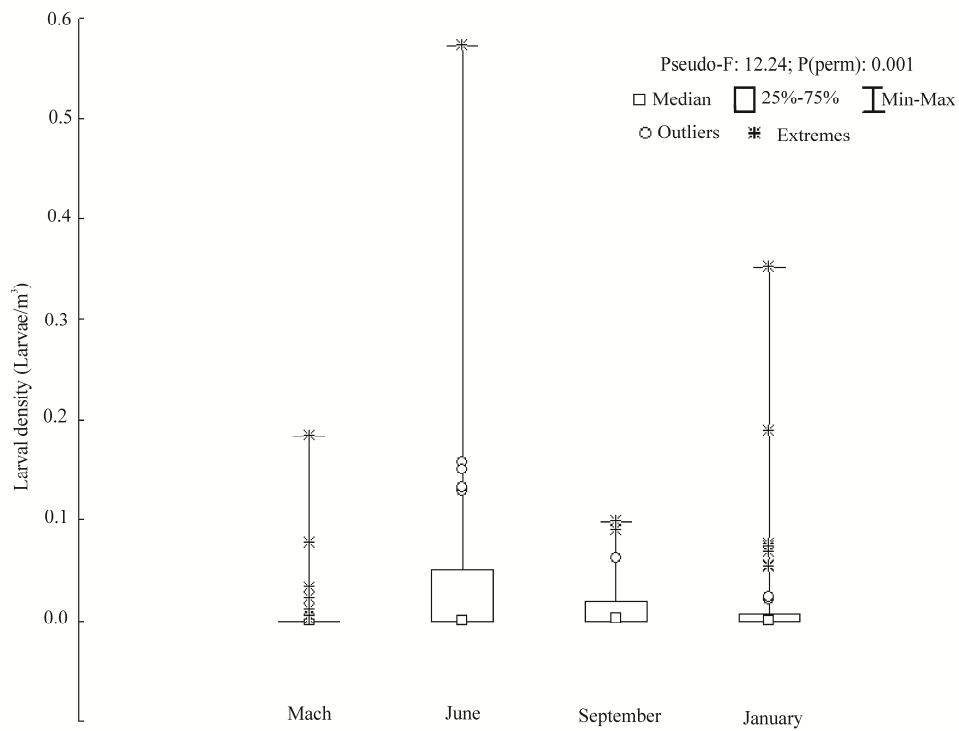


Figura 3: Variação trimestral da densidade larval de zoé I de *M. amazonicum* em três canais-de-maré oligohalinos do estuário amazônico brasileiro.

Entre os igarapés, as maiores densidades ocorreram no Combu (2,91 larvas/m³), acompanhadas das do Mata Fome (0,74 larva/m³) e Tucunduba (0,0037 larva/m³) (Figura 4), apresentando diferença significativa entre Combu e Tucunduba (p(perm)0,03); e não entre marés (Tabela 1), com 2,69 larvas/m³ em refluxo, 0,99 larva/m³ na inundação e nenhuma larva capturada na maré estofo.

Tabela 1: Resultado da análise PERMANOVA comparando a densidade das larvas de *M. amazonicum* entre igarapés e meses, em três igarapés (Ig) amazônicos.

	GL	SQ	QM	pseudo-F	<i>p</i> (perm)
Igarapé	2	30.531	15.265	3.3215	0.034
Mês	3	81.559	27.186	5.9154	0.003
Maré	2	10.794	5.3968	1.859	0.147
Ig x Maré	2	52.436	26.218	9.0314	0.003
Ig x Mês	6	105.28	17.547	6.0445	0.011
Ig x Mês x Maré	4	157.39	39.347	13.554	0.002
Resíduo	171	785.89	4.5959		
Total	182	929.08			

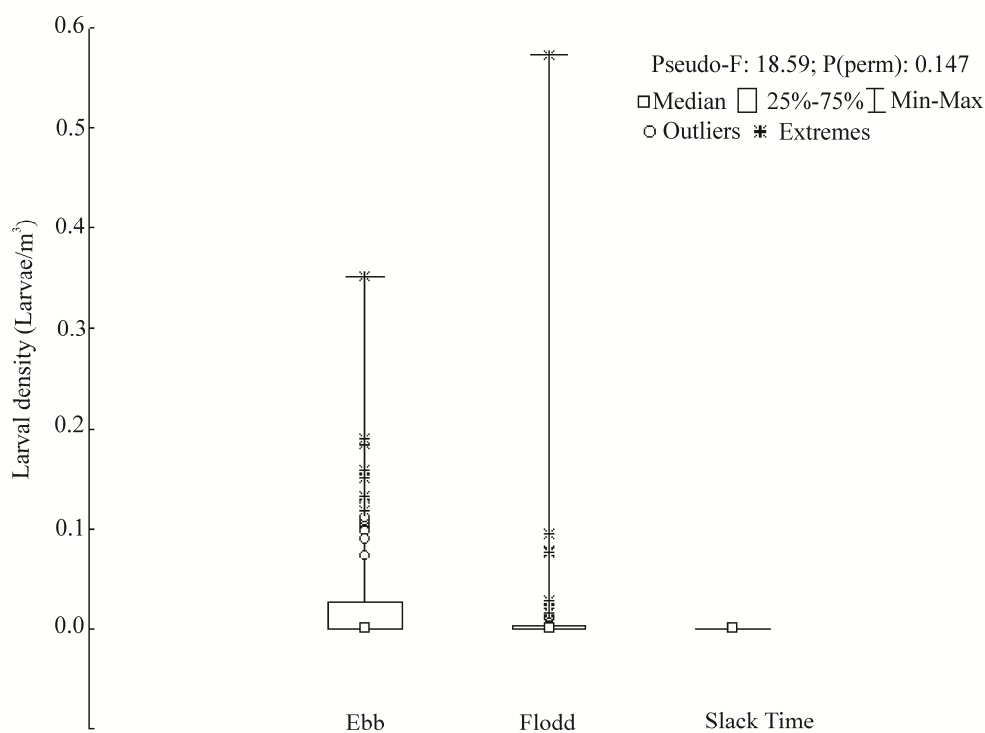


Figura 5: Variação da densidade larval da zoé I de *M. amazonicum* em relação às marés do estuário amazônico brasileiro.

O estágio de zoea I apresentou maiores densidades na cabeceira do igarapé Combu (ponto 2) quando comparado com a área mais inferior (ponto 1). Pelo contrário, em ambos os igarapés impactados, algumas das larvas do estágio I foram

capturadas a jusante (ponto 1) enquanto nenhum indivíduo foi capturado na corrente (ponto 2) (Figura 6).

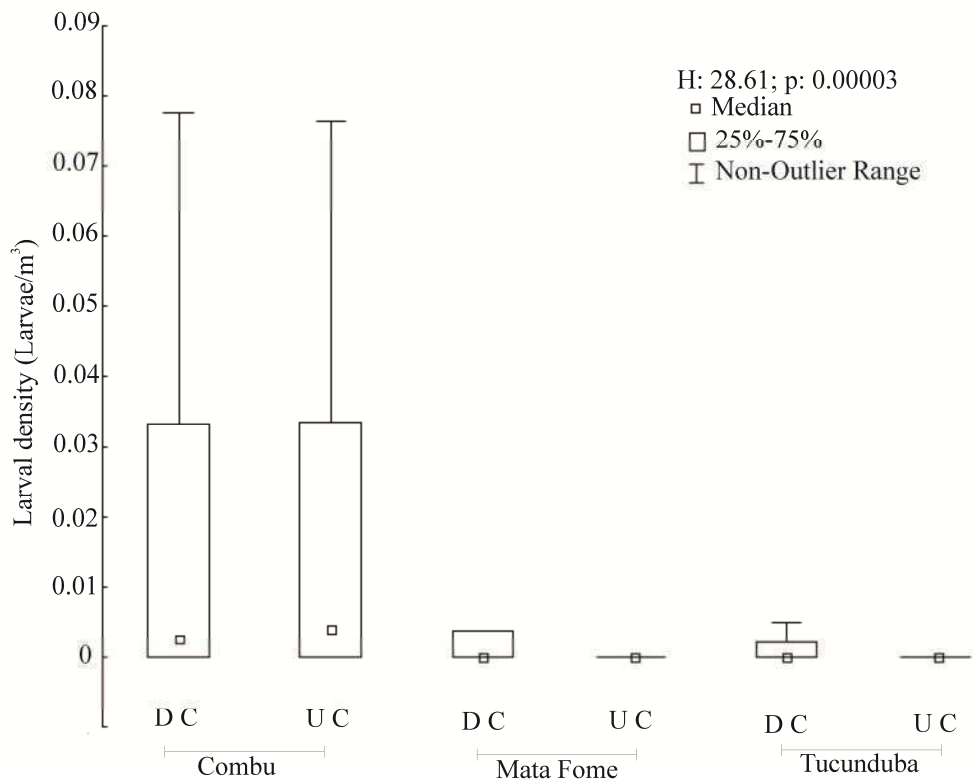


Figura 6: Densidade de zoea I do *M. amazonicum* em três igarapés oligohalinos do estuário amazônico brasileiro. Downstream Creek= Entrada dos Igarapés; Upstream Creek= à montante dos canais.

As larvas de *M. amazonicum* correlacionam-se significativamente e negativamente com as medianas de salinidade, pH, NO₂⁻, N-NH₄, NH₃ e Na⁺ (Tabela 2), ocorrendo com maior abundância quando estes fatores estavam com valores mais baixos. As larvas correlacionaram-se positivamente com SO₄ (R=0.24; p=0.008) (Tabela 2).

Tabela 2: Valores de R e p da correlação de Spearman da densidade larval de *M. amazonicum* com os fatores abióticos. Os valores tiveram significância de $p < 0.05$. CND= Condutividade, TDS= Total de Sólidos Dissolvidos, DO= Oxigênio Dissolvido, TSS= Total de Sólidos Suspenso, COD = Demanda Química de Oxigênio, BOD = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Variáveis	R	p
pH	-0,15	0.04
Salinidade	-0,15	0.04
NO₂⁻	-0,3	<0.01
N-NH₄	-0,24	0.01
NH₃	-0,24	0.01
Na⁺	-0,22	0.04
SO₄⁻²	0.24	0.008
Temperatura (°C)	0.13	0.07
CND (μS.100m ⁻³)	-0.13	0.07
TDS	-0.13	0.09
DO	-0.01	0.88
Turbidez	-0.07	0.34
TSS	-0.53	0.60
COD	-0.15	0.05
BOD	0.05	0.50
Cl	-0.13	0.08
N-NO ₃ ⁻	-0.13	0.09
PO ₄ ³	0.07	0.35
Fe	-0.03	0.70
Dureza	0.05	0.50
Li	0.09	0.25
K	0.13	0.07
Mg	-0.14	0.1
Ca	0.13	0.8

Discussão

O fato da zoé I ter sido encontrada em todos os canais-de-maré estudados, independente de suas diferenças em relação ao nível de antropização e à variação dos fatores abióticos, corrobora a hipótese que *M. amazonicum* é uma espécie de reprodução contínua (Magalhães 1985; Lucena et al. 2010; Nóbrega et al. 2014; Lima et al. 2014), que utiliza a cabeceira de canal-de-maré oligohalino para desova, como proposto por Bentes et al. (2011a).

Porém, a densidade dos estágios larvais nos canais-de-maré foi influenciada pela variação nos fatores abióticos. A salinidade da água foi predominantemente baixa em todo o período de amostragem, como também nos três canais-de-maré, o que explica a correlação significativa e negativa das larvas de *M. amazonicum* com este fator, tal como ocorreu em relação ao pH. A variação destes fatores foram menores do que os descrito em estudos de larvicultura, sendo em média de 10-16 de salinidade e 8 de pH (Maciel et al. 2012; Maciel e Valenti 2014).

Tal fato adicionado a ambientes antropizados, como o Tucunduba e Mata Fome, dificultam a permanência das larvas, já que não há formação de biofilme e absorção de amônia, uma vez que os gradientes físico-químicos presentes limitam a quantidade de microalgas, as quais auxiliam neste processo, e, por conseguinte, não são utilizados como fonte alimentícia pelas larvas de *M. amazonicum* (Silva et al. 2009; Araujo e Valenti 2011), o que parece ocorrer nos igarapés estudados. A não formação de biofilme aumenta a probabilidade de proliferação de doenças (Hall-Stoodley et al. 2004), ocasionadas por contaminantes presentes no ambiente, podendo atingir *M. amazonicum* adultos, afetando a densidade larval e ciclo biológico da espécie.

Somado a tal fato as diferentes organizações químicas de nitrogênio, quando em excesso, ocasionadas tanto por efluentes ou por drenagens urbano-industriais podem provocar desequilíbrio de biomassa em ambientes aquáticos, pois são observados em águas com elevado nível de eutrofização ou nas camadas de água mais profundas, onde a decomposição anaeróbica leva ao seu acúmulo (Galloway e Cowling 2002). O limite de compostos amoniacais, formados por ligações químicas de NH_4^+ e NH_3 , para corpos de água doce é $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ para pH menor que 7,5 (CONAMA resolução 357/2005), sendo os valores acima deste nível considerado tóxicos para comunidades aquáticas. Os canais-de-maré antropizados apresentaram valores destes compostos superiores aos permitidos por lei, demonstrando alto nível de toxicidade aos organismos aquáticos, o que explica o fato da correlação significativa e negativa da densidade de zoé I de *M. amazonicum* com estes locais e fatores antrópicos.

Tal efeito negativo de compostos nitrogenados no ciclo de vida e permanência de camarões em ambientes aquáticos é demonstrado por espécies marinhas (Allan et al. 1990; Ostrensky e Wasielesky, 1995) e os *Macrobrachium* (Mallasen e Valenti 2005; Figueroa-Lucero et al. 2012) na fase pós-larval e adulta. O que corrobora a hipótese que apesar de *M. amazonicum* conseguir bioacumular poluentes, como inseticidas (Coat et al. 2011) e tolerar amônia em fases mais avançadas do desenvolvimento (Dutra et al. 2016), o primeiro estágio larval é extremamente sensível a nitrato, amônia, sendo que Total de Sólidos Dissolvidos e Condutividade da água, influenciam diretamente nos íons dos compostos poluentes ali dispersados. Deste modo, o aumento da antropização nesses ambientes dificulta a permanência dos estágios larvais posteriores.

Tal como o camarão-da-Amazônia, a espécie invasora *Macrobrachium rosenbergii* (camarão-da-Malásia) é sensível a compostos indicadores de antropização que, em condições controladas, demonstram padrão similar em concentrações variantes de 0 a 16 mg.L^{-1} de nitrito (Mallasen e Valenti 2006). Comprovando que quanto maior for a concentração deste elemento, maior será o efeito negativo ao desenvolvimento das larvas.

As águas residuárias e industriais despejadas indiscriminadamente nos corpos d'água contem sulfato, interferindo no ciclo natural do enxofre e comprometendo o processo natural de autodepuração, por conseguinte, a biota presente (Sarti et al. 2008). Para os igarapés estudados, o Tucunduba foi o que teve maiores valores de sulfato, porém não ultrapassando aqueles indicados para água doce (CONAMA

357/2005), sugerindo que o sulfato não é um fator limitante para o desenvolvimento larval, haja vista que as maiores densidades da espécie são observadas nos igarapés de menor concentração deste composto (Combu e Mata Fome, respectivamente).

Outro fator a ser observado para o melhor entendimento do ciclo de vida deste camarão é a presença da vegetação no canal-de-maré. Considerando que a densidade larval foi significativamente menor no Tucunduba, que apresenta uma qualidade de água similar à do Mata Fome, fica evidente que mesmo antropizado, o Mata Fome abriga larvas zoé I, cuja explicação foi atribuída à vegetação submersa presente ao longo deste canal-de-maré. No Tucunduba não há vegetação submersa e o esgoto pode ser visto à céu aberto. *Macrobrachium amazonicum* é uma espécie predominante nos lagos de várzea da Amazônia Central, sendo relatado para o gênero predomínio em locais vegetados (Moreira e Collart 1993; Montoya et al. 2014). Apesar de seu alto grau de antropização, o igarapé Mata Fome apresenta vegetação natural onipresente, enquanto o Tucunduba é margeado predominantemente por concreto e lixo aparente. Assim, os camarões adultos poderiam usar este microhabitat para desova, porém a larva não permanece neste local, uma vez que não foram encontrados estágios posteriores à zoé I.

A diferença significativa na densidade de zoé I de *M. amazonicum* em relação aos meses pode ser decorrência da biologia reprodutiva da espécie no Combu. Já foram observadas coortes que nascem nos meses de maior abundância de camarões adultos, junho e janeiro (Silva et al. 2007), e de fêmeas ovígeras de setembro a novembro e em janeiro, bem como o de fêmeas desovadas entre agosto e outubro e em dezembro (Bentes 2011a), períodos que coincidem com a presença das larvas encontradas no presente trabalho.

Áreas antropizadas demonstram inviabilidade ao recrutamento e desenvolvimento de *M. amazonicum*, porém, a região do canal-de-maré da Ilha do Combu possui grande potencial ecológico para a espécie, devido ao seu baixo impacto antropológico. Este fato demonstra que os fatores ambientais e biológicos são interligados e que a diversidade ecológica é dependente da integridade de hábitat.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/ Edital Universal 481157/2010-7) pelo auxílio à pesquisa, ao Programa de Iniciação Científica da UFPA pela bolsa PIBIC para a primeira autora, ao Grupo de Pesquisa em Ecologia de Crustáceos da Amazônia e aos colegas que ajudaram nas coletas de campo, especialmente à Profª. Simone de Fátima Pinheiro Pereira (UFPA), ao Batalhão da Polícia pela proteção durante as coletas, e ao Sr. Parau pela disponibilidade da embarcação.

Referências

ALLAN GL, MAGUIRE GB, HOPKINS SJ. 1990. Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved-oxygen levels. *Aquaculture* 91, 265–280.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION), AWWA (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION) AND WEA (WATER ENVIRONMENT ASSOCIATION). STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 21TH. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, WASHINGTON, D.C., USA. 2005

ARAÚJO MC, VALENTI WC. Efeito da intensidade luminosa no desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. Bol Inst Pesca 37: 155-164.

BENTES B, MARTINELLI JM, SOUZA LS, CAVALCANTE DV, ALMEIDA MC AND ISAAC VJ. 2011a. Spatial distribution of the Amazon River Shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). Braz J Biol 71: 925-935.

BENTES B, CAÑETE VR, PEREIRA LJG, MARTINELLI-LEMOZ JM, ISAAC V. 2011b. 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). B Lab Hidro 25: 21-30.

COAT S, MONTI D, PIERRE L, BOUCHON C, MASSAT F, LEPOINT G. 2011. Organochlorine pollution in tropical rivers (Guadeloupe): Role of ecological factors in food web bioaccumulation. Environ. Pollut. 159: 1692-1701.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Available from: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

DINDLE H. 1980. Ecology and Evolution of migration. In: Gauthreaux, S.A. Animal migration, orientation and navigation. Acad Press: 1-101.

DUTRA FM, FORNECK SC, BRAZÃO CC, FREIRE CA, BALLESTER ELC. 2016. Acute toxicity of ammonia to various life stages of the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, Heller, 1862. Aquaculture 453: 104–109.

FREIRE JL, MARQUES CB, SILVA BB. 2012. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. Braz J Aquat Sci Technol 16: 65-76.

FIGUEROA-LUCERO G, HERNÁNDEZ-RUBIO MC, GUEVARA MJGL. 2012. Acute toxicity of ammonia on *Macrobrachium tenellum* (Smith) larvae. Rev Int Contam Ambient. 28, 145–150.

GALLOWAY JN, COWLING EB. 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. Ambio 31: 64-71.

GAMBA AL. 1984. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda:Crustacea) in a Venezuelan continental lagoon. Int J Inv Rep Dev 1: 135-142.

HALL-STOODLEY L, WILLIAM COSTERTON J, STOODLEY P. 2004. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. Nature Reviews 2: 95-108.

HAYD LA, ANGER K. 2013. Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) from the Pantanal, Brazil, suggests initial speciation. Rev Biol Trop 61: 39-57.

HAYD LA, LEMOS D, VALENTIN WC. 2014. Effects of ambient nitrite on Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*, larvae. J World Aquacult Soc 1: 55-64.

JOLY AB. 1963. Gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores. Rick (Supplement) São Paulo. Rickia 1: 1-1186.

KLAUS A, HAYD L. 2010. Feeding and growth in early larval shrimp *Macrobrachium amazonicum* from the Pantanal, southwestern Brazil. Aquat Biol 9: 251-261.

LIMA JF, SILVA LMA, SILVA, TC, GARCIA JS, PEREIRA IL AND AMARAL KDL. 2014. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth. *Acta Amaz* 44: 545-254.

LUCENA-FRÉDOU M, ROSA FILHO JS, NYLANDER M, ELPÍDIO A. 2010. Population dynamics of the river prawns *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu Island (Amazon Estuary). *Crustaceana* 83: 277-290.

MACIEL CR, VALENTI WC. 2009. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Nauplius* 17:61-79.

MACIEL CR, NEW MB, VALENTI WC. 2012. The predation of artemianauplii by the larvae of the AmazonRiver Prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), is affected by prey density, time of day, and ontogenetic development. *J World Aquacult Soc* 5: 659-669.

MACIEL CR, VALENTI WC. 2014. Assessing the potential of partial replacing of *Artemia* by practical inert diet in the larviculture of the Amazon river prawn. *Bol Inst Pesca* 40: 69-78.

MAGALHÃES C. 1985. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da Região Amazônica I. *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Crustacea: Decapoda). *Amazoniana* 9: 247-272.

MALLASEN M, VALENTI WC. 2005. Larval development of the giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* at different ammonia concentrations and pH values. *J. World Aquacult. Soc.* 36, 32–41.

MORAES-RIODADES PMC, KIMPARA JM, VALENTI WC. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. *Acta Limnol Bras* 18: 311-319.

MONTOYA JV, ARRINGTON DA, WINEMILLER KO. 2014. Seasonal & diel variation of shrimp (Crustacea, Decapoda) on sandbanks of a tropical floodplain river. *J Nat*

Hist9-10: 557-574.

MOREIRA LC, COLLART OO. 1993. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago de várzea na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil. Amazoniana 12: 385-398.

MOURA OS, ILKIU-BORGES ALAND BRITO ES. 2013. Brioflora (Bryophyta e Marchantiophyta) da Ilha do Combu, Belém, PA, Brasil. Hoehnea 40 (1): 143-165.

NÓBREGA PSV, BENTES B, MARTINELLI-LEMONS JM. 2014. Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. Nauplius 22: 13-20.

OSTRENSKY A, WASIELESKY JR W. 1995. Acute toxicity of ammonia to various life stages of the São Paulo shrimp, *Penaes paulensis* Pérez-Farfante, 1967. Aquaculture 132,339–347.

SANTOS A, GONZÁLES-GORDILLO JI. 2004. Illustrated keys for the identification of the Pleocyemata (Crustacea: Decapoda) zoeal stages, from the coastal region of southwestern Europe. J Mar Biol 84: 205-227.

SARTI A, SILVA AJ, CÔRTEZ RS, FORESTI E. 2008. Remoção de sulfato de águas residuárias industriais em reator anaeróbio de leito fixo operado em bateladas sequenciais. Engsanit ambiente 1: 15-22.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SEMA. 2008. Portaria nº 1.945, APA ilha do Combu. Available from: <http://www.semas.pa.gov.br/2008/10/24/9862/>

SILVA MCN, FRÉDOU L, ROSA FILHO J. 2007. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da ilha de Combu, Belém, estado do Pará. Amazônia, Ciên Desenv 2: 85-104.

SILVA GMF, FERREIRA MAP, VON LEDEBUREICFANDROCHA RM. 2009. Gonadal structure analysis of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) from a wild population: a new insight on the morphotype characterization. *Aquac Res* 40:798-803.

SILVA BC, ANDRE RC, BELETTINI F, BUGLIONE CC, JATOBÁ A, VIEIRA FN, ANDREATTA ER, DERNER RB, MOURIÑO JL. 2009. Utilização de *Thalassiosira weissflogii* em larvicultura de *Litopenaeusvannamei* (BOONE, 1931). *Atlântica* 31: 39-50.

TU NPC, HA NN, IKEMOTO T, TUYEN CB, TANABE S, TAKEUCHI I. 2008. Bioaccumulation and distribution of trace elements in tissues of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae) from South Vietnam. *FisheriesSci* 74: 109-119.

PAIVA RS, ESKINAZI-LEÇA E, PASSAVANTE JZO, SILVA-CUNHA MGG, MELO NFAC. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da Baía do Guajará e foz do Rio Guamá (Pará, Brasil). *Bol Mus Para Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, Belém 2: 133-146.

VALENTI WC, MELLO JTC, LOBÃO VL. 1986. Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Ciênc Cult* 38: 1256-1262.

RAVENA-CAÑETE V, MONTEIRO E, CORREA MF, SILVA NMC. 2009. Saúde e Exclusão Social: Empoderamento como Estratégia para construção do Bem-Estar. *Público Priv* 13: 123-137.

WALKER I. 1992. Life history traits of shrimps (Decapoda, Palaemonidae) of Amazonian Inland waters and their phylogenetic interpretation. *Stud Neotrop Fauna Environ* 2-3: 131-143.

WILLIAMSON DL. 1972. Larval development in a marine and freshwater species of *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 3: 282-298.

ANEXO

***Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) prawn larvae on
contaminated oligohaline creeks from Amazon estuary**

**Miani Corrêa Quaresma^a, Priscila Sousa Vilela da Nóbrega^a, Valérie
Sarpédonti^b, Vanessa Bandeira da Costa^c and Jussara Moretto Martinelli-
Lemos^{a*}**

^a*Grupo de Pesquisa em Ecologia de Crustáceos da Amazônia – GPECA, Instituto de
Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (UFPA), Avenida Augusto
Corrêa 01, Zip Code 66.075-110, Belém-Pará, Brasil. Phone: +00559132029104. E-
mails: mianiquaresmac@gmail.com; nobrega@ufpa.br.*

^b*Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (UFPA), Avenida
Augusto Corrêa 01, Zip Code 66.075-110, Belém-Pará, Brasil. E-
mail:valerie.sarpedonti@gmail.com*

^c*Instituto Evandro Chagas/SVC/MS, Seção de Meio Ambiente, Rod. Br 316, Km 7
Levilândia, Ananindeua-Pará, Brasil. Phone:+00559132142101. E-mail:
nessa_costa@yahoo.com.br*

***Corresponding author: Jussara M. Martinelli-Lemos; Universidade Federal do Pará
(UFPA), Avenida Augusto Corrêa 01, Zip Code 66.075-110, Belém-Pará, Brasil;
jussara@ufpa.brandjussara.lemos@icloud.com**

This work was supported by the National Council for Scientific and Technologic
Development (CNPq) under grant [number481157/2010-7]

Abstract

The objective of this study was to assess densities of *Macrobrachium amazonicum*
(Heller 1862) larval stages in two highly anthropized amazonian creeks (known as

Tucunduba and Mata Fome) and in one creek less impacted by human activities (Combu). The hypothesis tested is that larvae are more abundant in protected areas, and this independently of their development stage. Zooplankton was collected once every three months (March 2011 to January 2012) conducting horizontal tows at the sub-surface of the water column using a 300 µm mesh-size plankton net during flood, slack and ebb tides. Temperature, pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen, hardness, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, Cl, N-NO³⁻, NO²⁻, NH₃, NH₄⁺, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Fe, Mg²⁺, Li, K⁺ and Na⁺ values or concentrations were estimated in each creek in order to verify whether these factors influence larval stages densities. Zoea stages I, V, VIII, X and XI were recorded; zoea stage I was present in all three creeks (Tucunduba and Mata Fome Creeks only on creek mouth, and Combu in all points) while the other stages were encountered only in the less anthropized creek, Combu. Larval stage zoea XI was considered as occasional since it was represented only by three individuals captured in Tucunduba Creek. Zoea stage I was the most abundant; its density differed significantly between months (p=0.0004), tides (p=0.001) and creeks (p<0.001); it showed negative correlations with pH and salinity (both presenting values of R=-0.15 and p=0.04, NO₂ (R=-0.30; p<0.01), NH₄⁺ (R=-0.24; p=0.01), NH₃ (R=-0.24; p=0.01) and Na⁺ (R=-0.22; p=0.04) and a positive correlation with SO₄²⁻ (R=0.24; p=0.008). It was concluded that *M. amazonicum*'s spawning ground was closed to the three creeks. However, the absence of larval stage zoea I in both upstream Tucunduba and Mata Fome Creeks indicated that this species cannot survive in contaminated environments.

Highlights

1. First study on larval stages densities of the amazonian prawn *Macrobrachium amazonicum* in three creeks with different exposure to human activities.
2. Spawning grounds were closed to the creeks.
3. Larvae cannot remain or survive in polluted environments.

Keywords: creeks, Crustacea, distribution spatio temporal, zooplankton

Introduction

Macrobrachium (Bate 1868) prawns are characterized by their high fecundity and continuous reproduction (Valentiet al. 1986; Lucena-Frédouet al. 2010; Benteset al. 2011; Freire et al. 2012; Nóbrega et al. 2014). *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) is a freshwater prawn frequently consumed by riverine peoples of the Amazonian region. It is commercialized in the Pará and Amapá States (North Brazil) where they still captured on a traditional way (Odinetz-Collart 1987) and are extensively commercialized (Silva et al. 2009; Lucena-Frédouet al. 2010; Benteset al. 2011b). This species presents eleven development stages all described by Magalhães (1985); after twenty to twenty-three days, larvae reach the juvenile stage, feeding essentially on phyto- and zooplankton (Gamba 1984). Larvae hatch in an advanced

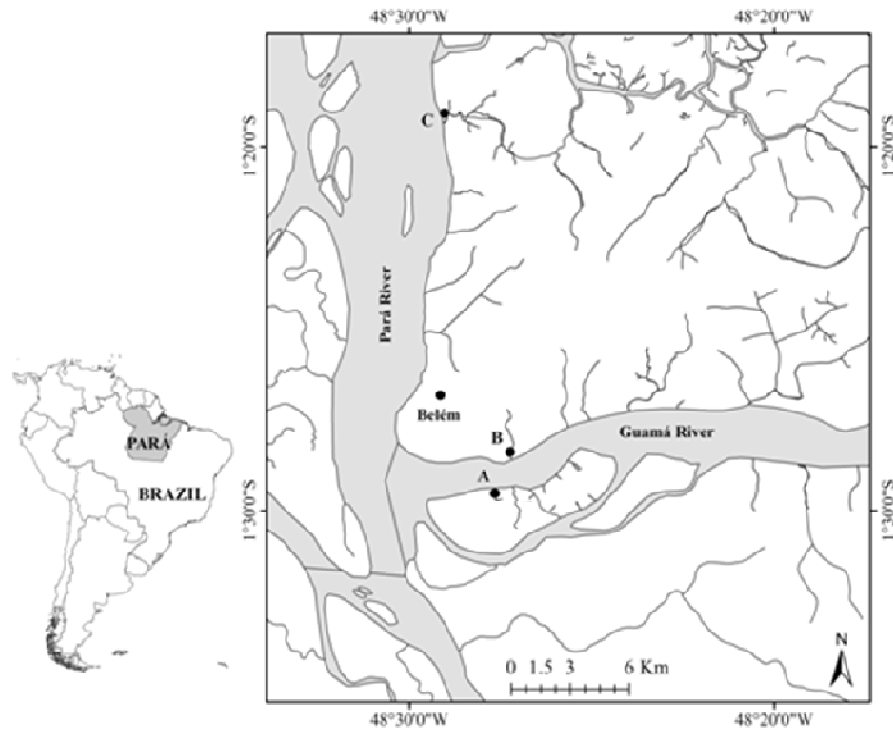
development stage suggesting relatively good abilities to adapt to environmental changes (Williamson 1972; Magalhães 1985; Walker 1992). According to Tuet al. (2008), adults of *Macrobrachium* show high environmental plasticity although their distribution can be highly affected by the level of anthropization.

Despite its socio-economical and ecological importance, little is known about larvae densities of *M. amazonicum* in its natural environment, especially in case of pollution. Based on the fact that this species spawns upstream (Bentes et al. 2011a), the objective of this study was to verify whether *M. amazonicum* larvae are present in three creeks of Amazon estuary, with different exposure to human activities, to check if all development stages can be found in these three oligohaline environments and to test whether larval densities vary significantly with water parameters and therefore levels of anthropization.

Material and Methods

This study was conducted in three oligohaline creeks (Tucunduba, Mata Fome and Combu Creeks) from Belém City, Pará State, Brazil (Figure 1). The studied sites were fringed by floodplain vegetation and periodically inundated by macro-tides that can reach four meters of amplitude. The creeks were selected based on their exposure to anthropogenic activities.

Combu Creek is localized in Combu Island (Figure 1) that belongs to Belém's insular system and is considered as an Environmental Protected Area by the Brazilian Secretary of Environment since 2008 (Secretaria do MeioAmbiente – 1.945/2008). The creek, supposing free of direct impacts from human activities, was used as a reference area all along this study. Tucunduba Creek, in the peripheral urban area, faces Combu Creek on the opposite margin of Guamá River (Figure 1); it acts as a receptacle for non-treated effluents produced by human settlements concentrated essentially mid- and upstream. The lower section and creek mouth are fringed by riparian vegetation where organic and non-organic wastes are discarded indiscriminately. Mata Fome Creek, with a basin area of about 14 km², is surrounded by five districts of Belém's metropolitan region. Deprived of proper sanitary conditions and waste collection, riverside dwellers have been using the creek over the past three decades as a natural garbage and organic compounds collector, slowly transforming the water course into a highly anthropized system all along its course (Ravena-Cañete et al. 2009).



Samplings of *M. amazonicum* took place on a three months basis, from March 2011 to January 2012 (license collection 18.152-1), including the two seasonal periods of heavy and low rain (January / March and June / September, respectively). Field trips occurred on three consecutive days (one day *per* creek) at the quarter moon. Sampling was done at the creek mouth (point 1) before sampling 2-km upstream (point 2) and then returning to point 1 one hour later to conduct another sampling set. Two replicates were taken at each sampling point. The overall survey lasted around eight hours and included flood, ebb and slack time tides, totalling between 26 to 32 samples.day⁻¹.creek⁻¹, depending on the creek depth and presence of debris that eventually hampered proper sampling collection. Larvae were collected using conical plankton net of 330 µm in mesh size pulled by a small-motorized boat in a counter current direction during three minutes along the deepest creek channel. Water volumes filtered at each trawl were assessed by a flowmeter placed at the net mouth.

Larvae were preserved in a 4% formaldehyde solution neutralized with sodium tetraborate, then observed with a microscope and identified after dissection of the appendices (Magalhães 1985; Guest 1979; Santos and Gonzáles-Gordillo 2004).

Water physico-chemical variables, namely temperature, pH, conductivity, total dissolved solids (TDS), salinity and dissolved oxygen (DO), were obtained *in situ*

using a multiparametric probe (YSI) while transparency was assessed with a secchi disk. In addition, one litre of water was collected in order to estimate turbidity, total suspended solids (TSS) and chemical oxygen demand (COD) by spectrophotometry (UV-VIS; DR2400 from HACH). Nitrite (NO_2^-), nitrate (N-NO_3^-), ammonium (NH_4^+), phosphorus (PO_4^{3-}), sulfate (SO_4^{2-}), sodium (Na^+), calcium (Ca^{2+}), total iron (Fe), free chlorine (Cl), magnesium (Mg_2^+), potassium (K^+) and lithium (Li) were evaluated by ion chromatography (ICS DUAL 2000 DIONEX, USA). Biochemical oxygen demand (BOD) was assessed by respirometry (APHA et al. 2005) and total iron by inductively [...] coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP OES) (iCAP 6000 – THERMO SCIENTIFIC).

Relative abundance (%) and total density (larvae/ m^3) of *M. amazonicum* were calculated in relation to creeks (Impacted = Tucunduba and Mata Fome Creeks; less impacted = Combu creek), tides (flood, ebb and slack) and months (March, June, September/2011 and January/2012). Larval development stages presenting a relative abundance < 1% were not included in the statistical analysis. Volumes of filtered water were estimated by the number of fluxometer rotation (General Oceanics, Inc).

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi a técnica de ordenação utilizada para verificar quais variáveis abióticas contribuem significativamente para a diferença entre os igarapés estudados. Para testar se há diferença na densidade das larvas de *M. amazonicum* em relação aos tratamentos (igarapés, mês e maré) foi realizada uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) utilizando-se 999 permutações (Anderson, 2005). Utilizou-se matriz de similaridade com o índice de Bray-Curtis, a partir de valores de densidade transformados para $\log(x+1)$. Para o teste da relação da densidade com os locais amostrados foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-wallis, por conta dos dados não atenderem aos critérios da PERMANOVA. Correlations between prawn larvae and water parameters were tested through the Spearman's correlation index using larval density and abiotic factors as dependant and independent variables, respectively.

Results

Os dois componentes principais da PCA foram mantidos para discriminação dos igarapés, pois juntos explicaram 40,19 % da variação, distribuídos como eixo 1= 25,80 e eixo 2= 14,38. O eixo 1 foi positivamente correlacionado com a condutividade, total de sólidos dissolvidos, salinidade, N-NO_3^- , NH_4^+ e cálcio. O eixo 2 foi correlacionado negativamente com a turbidez, bromo e magnésio (Figura 2).

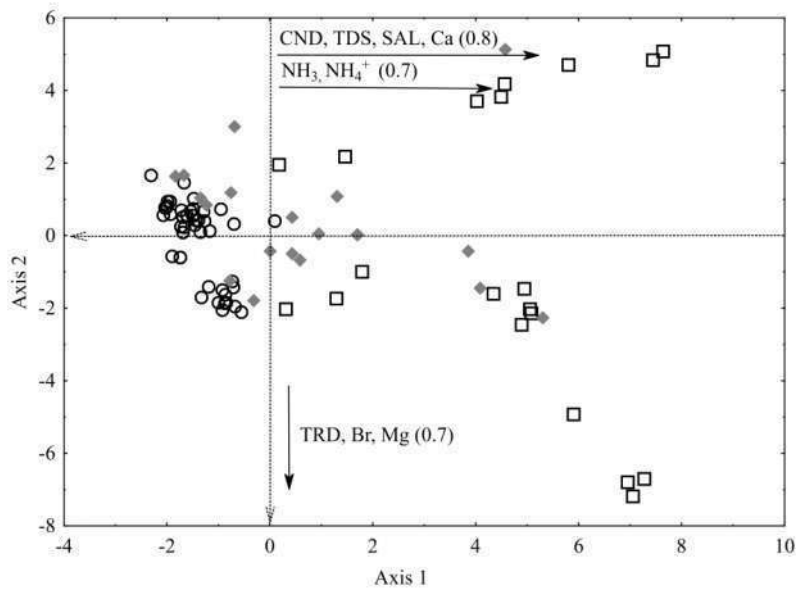


Figura 2: Análise de componentes principais das variáveis abióticas coletadas em três igarapés amazônicos. CND = condutividade, TDS = total de sólido dissolvido, SAL = salinidade, NO_3^- = nitrato, NH_4^+ = amônia, Ca= cálcio, TRD= turdidez, BR= bromo e MG= magnésio. o: Combú, □: Mata Fome, ◇: Tucunduba.

Macrobrachium amazonicum zoea stages I, V, VIII, X and XI presented a total density of 3.71 larvae/m³. Among them, zoea stage I was the most abundant (3.68 larvae/m³) and present in all creeks (Tucunduba and Mata Fome Creeks only on creek mouth, and Combú in all points). Zoea stages V, VIII, X and XI presented densities of 0.010, 0.0005, 0.007 and 0.009 larva/m³, respectively, and were encountered only in Combú Creek (less impacted). Only three larvae of zoeastage XI were found in Tucunduba Creek. Statistical analysis were performed exclusively on zoea stage I densities, as all remaining stages totalized less than 1% of all captured individuals.

Densities of zoea stage I varied significantly between months, with higher values in June and January (0.04 and 0.02 larva/m³, respectively) and lower values in September and March (0.01 and 0.007 larva/m³, respectively) (Figure 3). As diferenças foram significativas entre março e junho ($p(\text{perm})= 0,001$) e entre junho e janeiro ($p(\text{perm})= 0,015$).

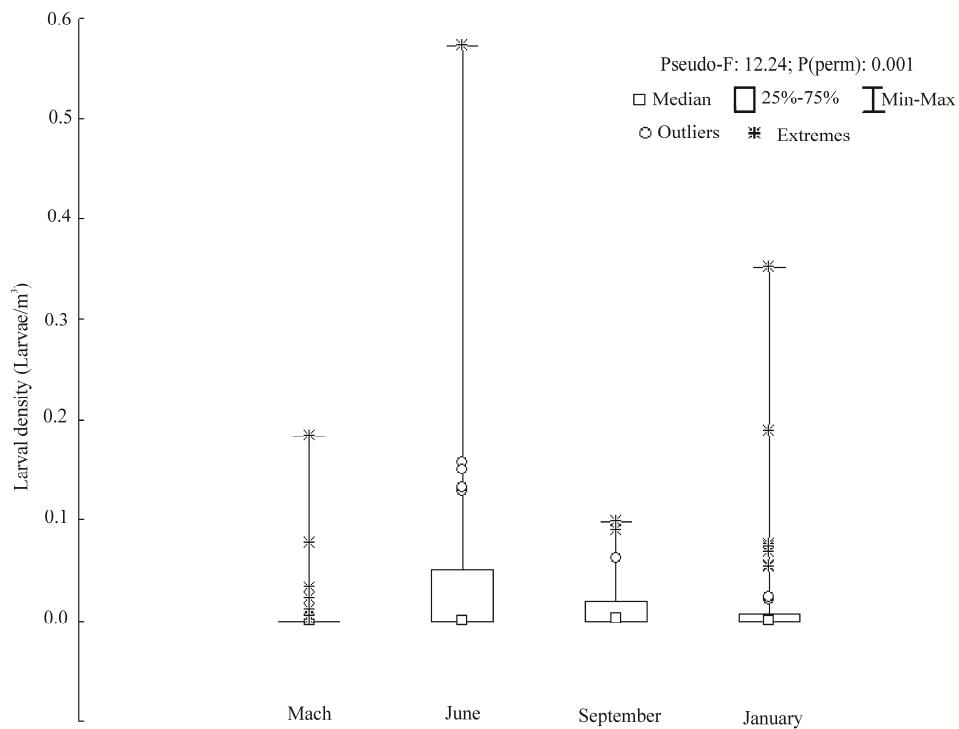


Figura 3: Variação trimestral da densidade larval de zoé I de *M. amazonicum* em três canais-de-maré oligohalinos do estuário amazônico brasileiro.

Between creeks, with higher densities in Combu Creek (2.91 larvae/m³) than in Mata Fome Creek (0.74 larva/m³) and Tucunduba Creek (0.0037 larva/m³) (Figure 4), apresentandodiferenças significantiva entre Combu e Tucunduba (p(permutation)0,03); and nao between tides (Tabela 1)(Figure 4), with 2.69 larvae/m³ at ebbing, 0.99 larva/m³ at flooding and no larvae captured at slack tide.

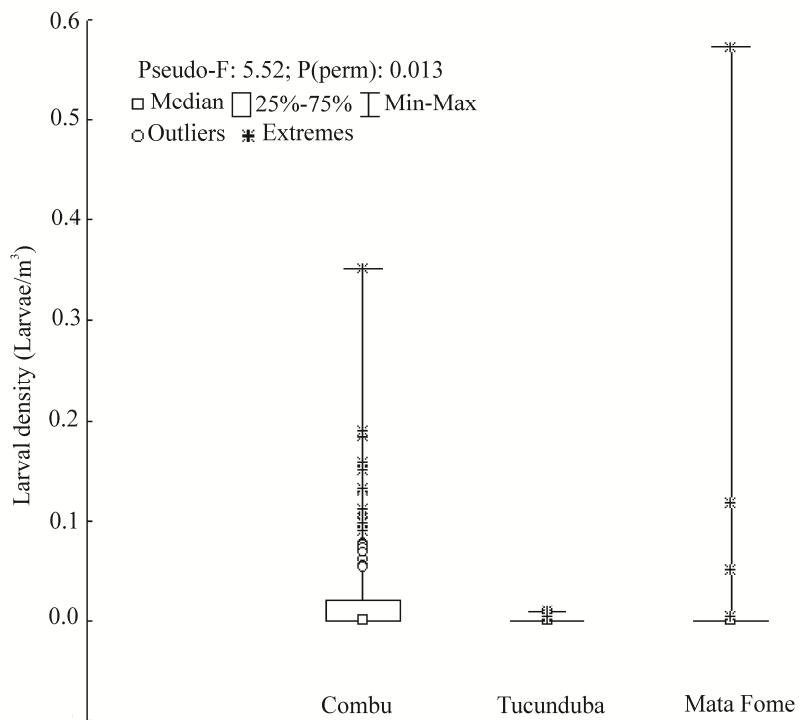


Figura 4: Variação da densidade larval de zoé I de *M. amazonicum* em três canais-de-maré oligohalinos do estuário amazônico brasileiro entre março de 2011 e janeiro de 2012. Combu= menos antropizado; Tucunduba e Mata Fome, mais antropizado.

A densidade larval não variou em relação às marés (Tabela 1; Figura 5), sendo maior na vazante (2.69 larvas/m³) que na enchente (0.99 larvas/m³) e no estofo, onde não foram encontradas larvas da espécie.

Tabela 1. Resultado da análise PERMANOVA comparando a densidade das larvas de *M. amazonicum* entre igarapés e meses, coletados em três igarapés (Ig) amazônicos.

	GL	SQ	QM	pseudo-F	<i>p</i> (perm)
Igarapé	2	30.531	15.265	3.3215	0.034
Mês	3	81.559	27.186	5.9154	0.003
Maré	2	10.794	5.3968	1.859	0.147
Ig x Maré	2	52.436	26.218	9.0314	0.003
Ig x Mês	6	105.28	17.547	6.0445	0.011
Ig x Mês x Mare	4	157.39	39.347	13.554	0.002
Resíduo	171	785.89	4.5959		
Total	182	929.08			

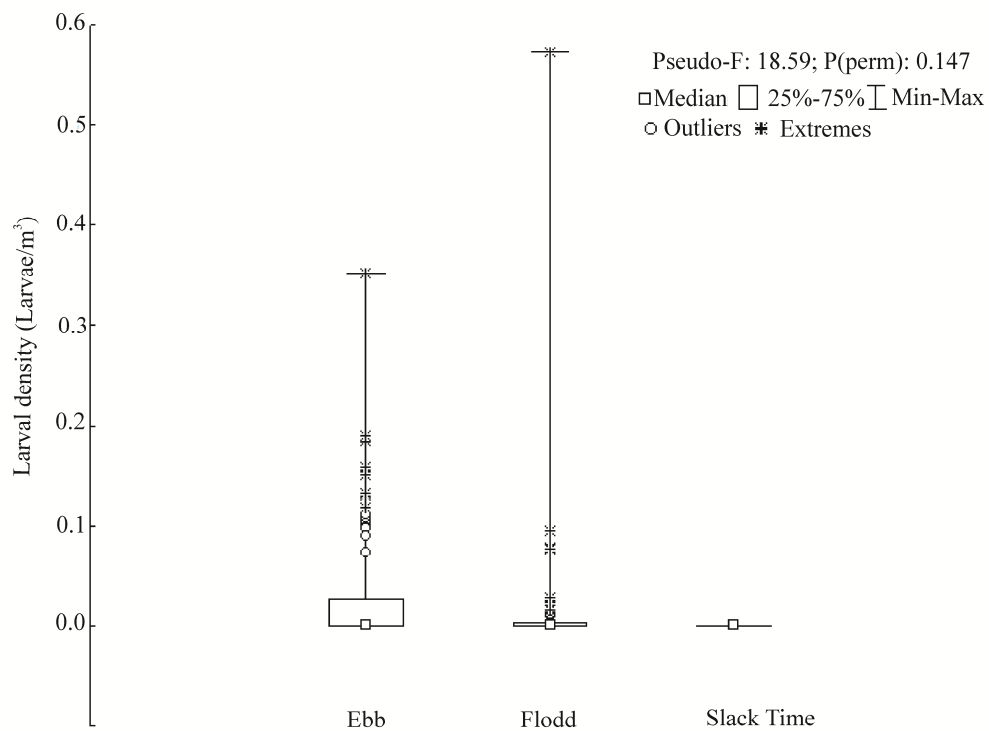


Figura 5: Variação da densidade larval da zoé I de *M. amazonicum* em relação às marés do estuário amazônico brasileiro.

Zoea stage I presented higher densities up-Combu Creek (point 2) when compared to the mouth area (point 1). On the contrary, in both impacted creeks, a few of stage I larvae were captured downstream (point 1) while no individuals were captured headstream (point 2) (Figure 6).

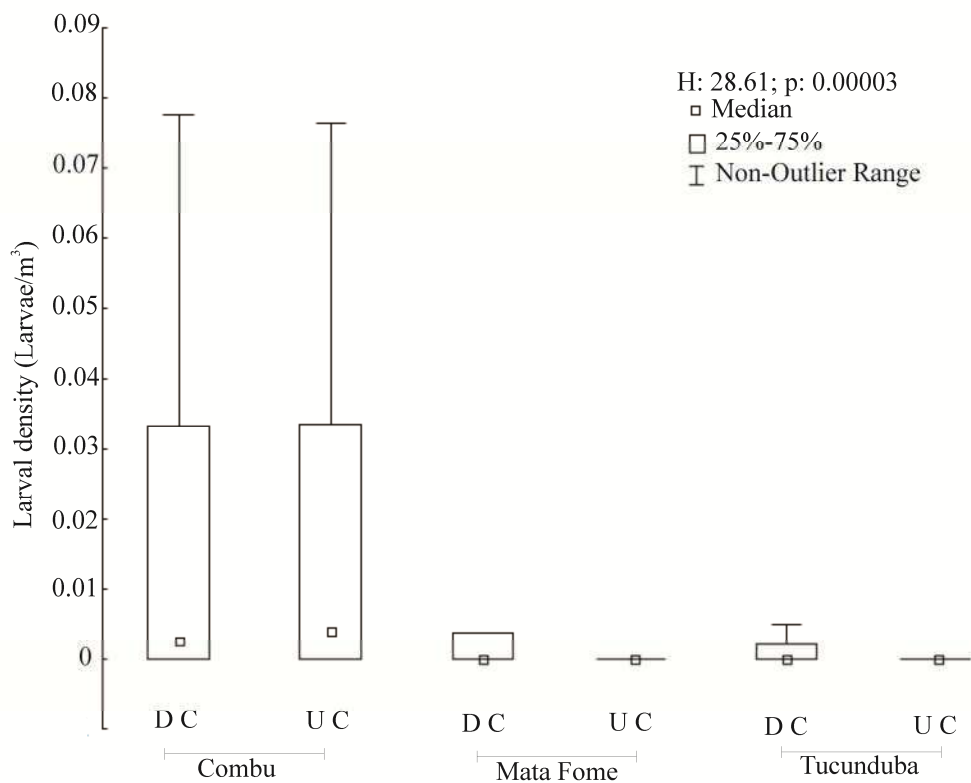


Figura 6: Densidade de zoea I do *M. amazonicum* em três igarapés oligohalinos do estuário amazônico brasileiro.

Macrobrachium amazonicum larvae were significantly and negatively correlated with salinity, NO_2 , N-NH_4^+ , NH_3 and Na^+ medians (Table 2). On the other hand, a positive correlation was noted with SO_4^{2-} ($R=0.24$; $p=0.008$) (Table 2).

Table 2: R and p values from Spearman correlation among larval density of *M. amazonicum* and abiotic factors. In bold, significant values of $p < 0.05$. CND= Conductivity, TDS= Total dissolved solids, DO= dissolved oxygen, TSS= Total suspended solids, COD= chemical oxygen demand, BOD= Biochemical oxygen demand.

Variables	R	p
pH	-0,15	0.04
Salinity	-0,15	0.04
NO₂⁻	-0,3	<0.01
N-NH₄	-0,24	0.01
NH₃	-0,24	0.01
Na⁺	-0,22	0.04
SO₄⁻²	0.24	0.008
Temperature (°C)	0.13	0.07
CND ($\mu\text{S}\cdot 100\text{m}^{-3}$)	-0.13	0.07
TDS	-0.13	0.09
DO	-0.01	0.88
Turbidity	-0.07	0.34
TSS	-0.53	0.60
COD	-0.15	0.05
BOD	0.05	0.50
Cl	-0.13	0.08
N-NO ₃ ⁻	-0.13	0.09
PO ₄ ³	0.07	0.35
Fe	-0.03	0.70
Waterhardness	0.05	0.50
Li	0.09	0.25
K	0.13	0.07
Mg	-0.14	0.1
Ca	0.13	0.8

Discussion

The presence of zoea stage I in all three creeks, regardless of anthropogenic activities and water parameter values, sustain the hypothesis that *M. amazonicum* is a species that reproduces continuously (Magalhães 1985; Lucena et al. 2010; Nóbrega et al. 2014; Lima et al. 2014) in the region and spawns up- oligohaline creeks as proposed by Bentes et al. (2011a).

Densities of larval stages were however influenced by abiotic factors variations in all three creeks. Salinity was low during the whole study and at all sites, which explained the negative correlation with *M. amazonicum*, as it did for pH.

In Brazil, the upper limit of nitrogen-products for freshwater bodies with pH < 7.5 is set to a value of 3.7 mg.L⁻¹ (CONAMA - 357/2005); concentrations above this reference are considered toxics to aquatic communities. Such was the case in both impacted creeks where environmental conditions were therefore considered dangerous to aquatic organisms, explaining the negative and significant correlation between zoea stage I densities and nitrogen.

Tal efeito negativo de compostos nitrogenados no ciclo de vida e permanência de camarões em ambientes aquáticos é demonstrado por espécies marinhas (Allan et al. 1990; Ostrensky e Wasielesky, 1995) e os *Macrobrachium* (Mallasen e Valenti 2005; Figueroa-Lucero et al. 2012) na fase pós-larval e adulta. O que corrobora a hipótese que apesar de *M. amazonicum* conseguir bioacumular poluentes, como inseticidas (Coat et al. 2011) e tolerar amônia em fases mais avançadas do desenvolvimento (Dutra et al. 2016), o primeiro estágio larval é extremamente sensível a nitrato, amônia, sendo que Total de Sólidos Dissolvidos e Condutividade da água, influenciam diretamente nos íons dos compostos poluentes ali dispersados. Deste modo, o aumento da antropização nesses ambientes dificulta a permanência dos estágios larvais posteriores.

The negative correlation between nitrite or ammonium and the early development stages of *M. amazonicum* corroborated Haydet al. (2014) who reported that an increase of nitrogen induces a drop of larval survival, productivity and weight gain. Similarly to the Amazon River prawn, *Macrobrachiumrosenbergii* is sensitive to N-concentrations. Ecotoxicological studies conducted on this species with different concentrations of nitrate (0 to 16 mg.L⁻¹) indicated a positive correlation between N-concentrations and anomalies in larval development. Zoeae I of *M. amazonicum* do not alter their metabolism due to the exposition to fresh or brackish water, but metabolism alterations were not followed by changes in free amino acids concentration in zoea II and V exposed to fresh and brackish water (Mazzarelli et al. 2015).

Waste waters and industrial discharges poured indiscriminately into water bodies contain sulphates that interfere into the natural cycle of sulphur and can hamper the process of auto depuration that controls the aquatic biota (Sartiet et al. 2008). Among all three creeks, Tucunduba presented the higher concentrations of SO₄²⁻, although the latter remained within the norms established by the CONAMA (9357/2005) for freshwater bodies. Therefore it is unlikely that sulphates act as a limiting factor upon larval development.

Plants could also influence distribution and density of *M. amazonicum* larvae. Ecological studies conducted on this species indicated that it is most frequently encountered within the vegetation edging lakes of Central America (Moreira and Collart 1993; Montoya et al. 2014). Therefore, discrepancies in zoea stage I densities between both impacted creeks could be related to the nature of their water banks. It is proposed that vegetated areas along Mata Fome Creek served as a spawning and nursery grounds. However, as no development stages others than zoea I were

encountered, it is likely that young's cannot adapt inauspicious environmental conditions and leave or die. On the other hand, larvae scarcity in Tucundubu Creek would not only be related to water quality but also to the absence of vegetated cover.

In the study area, reproduction period of *M. amazonicum* was defined between June to January, based on the presence of matured and riped females (Silva et al. 2007; Bentes 2011a). The encounter of zoea I larvae all year round pointed at a continuous reproduction, peaking during the driest month of June. The presence of these larvae in all three creeks (present study) along with the capture of adults in the vicinity (Silva et al. 2007; Bentes 2011a) suggest that this species' spawning ground is located within and/or nearby the creeks. However, differences in zoea I densities in favour of Combu Creek revealed that environmental conditions are primordial for the maintenance of *M. amazonicum* stocks. Among the significant correlations encountered between zoea I densities and water parameters, those with N-compounds are more likely to control larval population as it was the case for fish larvae (Souza et al. 2016). In Brazil, the upper limit of nitrogen-products tolerated by the Brazilian Ministry of Environment for freshwater bodies in case of $\text{pH} < 7.5$ is set to a value of 3.7 mg.L^{-1} (CONAMA - 357/2005); this concentration was exceeded in both impacted creeks and to a less extend in Combu Creek as both results of point source (impacted creeks) and non-point source pollution (all creeks). The remaining correlations stressed by this study were probably induced by seasonal variations and not only by anthropic activities.

Discrepancies in zoea I densities between both impacted creeks was not attributed to water quality as both sites were equally disturbed, but to the nature of their water banks. It is proposed that vegetated areas along Mata Fome Creek served as a spawning and nursery grounds. However, as no development stages others than zoea I were encountered, it is likely that young cannot adapt inauspicious environmental conditions and leave or die. On the other hand, larvae scarcity in Tucunduba Creek would not only be related to water quality but also to the absence of vegetated cover.

This study displayed valuable information on the straight relation between *M. amazonicum* populations and environmental characteristics; this species sustainability through successful reproduction and development processes highly depends on humans' presence and conservation of ecosystems integrity.

Acknowledgments

The authors thank the National Council for Scientific and Technologic Development (CNPq) for their financial support (Project N. 481157/2010-7), the Institutional Program for Graduates' Scholarship from Federal University of Pará (PIBIC /UFPA) for the scholarship granted to the first author, members of the Research Group on Amazonian Crustacean Ecology (GPECA), all colleagues that helped during field campaigns with special thanks to Bianca Bentes (IECOS-UFPA), Simone de FátimaPinheiro Pereira (UFPA), the Bureau of Environment (DEMA) staff for the

safety working conditions provided on the field and the boatman, Mr.Parau, for his availability.

References

ALLAN GL, MAGUIRE GB, HOPKINS SJ. 1990. Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved-oxygen levels. *Aquaculture* 91, 265–280.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION), AWWA (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION) AND WEA (WATER ENVIRONMENT ASSOCIATION).STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATERAND WASTEWATER.21TH. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, WASHINGTON, D.C., USA. 2005

ARAUJO MC, VALENTI WC. Efeito da intensidade luminosa no desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. *Bol Inst Pesca* 37: 155-164.

BENTES B, MARTINELLI JM, SOUZA LS, CAVALCANTE DV, ALMEIDA MC AND ISAAC VJ. 2011a. Spatial distribution of the Amazon River Shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). *Braz J Biol* 71: 925-935.

BENTES B, CAÑETE VR, PEREIRA LJG, MARTINELLI-LEMONS JM, ISAAC V. 2011b. 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). *B Lab Hidro* 25: 21-30.

COAT S, MONTI D, PIERRE L, BOUCHON C, MASSAT F, LEPOINT G. 2011. Organochlorine pollution in tropical rivers (Guadeloupe): Role of ecological factors in food web bioaccumulation. *Environ. Pollut.* 159: 1692-1701.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Available from: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

DINDLE H. 1980. Ecology and Evolution of migration. In: Gauthreaux, S.A. Animal migration, orientation and navigation. Acad Press: 1-101.

DUTRA FM, FORNECK SC, BRAZÃO CC, FREIRE CA, BALLESTER ELC. 2016. Acute toxicity of ammonia to various life stages of the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, Heller, 1862. Aquaculture 453: 104–109.

FREIRE JL, MARQUES CB, SILVA BB. 2012. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. Braz J Aquat Sci Technol 16: 65-76.

FIGUEROA-LUCERO G, HERNÁNDEZ-RUBIO MC, GUEVARA MJGL. 2012. Acute toxicity of ammonia on *Macrobrachium tenellum* (Smith) larvae. Rev Int Contam Ambient. 28, 145–150.

GALLOWAY JN, COWLING EB. 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. Ambio 31: 64-71.

GAMBA AL. 1984. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda:Crustacea) in a Venezuelan continental lagoon. Int J Inv Rep Dev 1: 135-142.

HALL-STOODLEY L, WILLIAM COSTERTON J, STOODLEY P. 2004. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. Nature Reviews 2: 95-108.

HAYD LA, ANGER K. 2013. Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) from the Pantanal, Brazil, suggests initial speciation. Rev Biol Trop 61: 39-57.

HAYD LA, LEMOS D, VALENTIN WC. 2014. Effects of ambient nitrite on Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*, larvae. J World Aquacult Soc 1: 55-64.

JOLY AB. 1963. Gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores. Rick (Supplement) São Paulo. Rickia 1: 1-1186.

KLAUS A, HAYD L. 2010. Feeding and growth in early larval shrimp *Macrobrachium amazonicum* from the Pantanal, southwestern Brazil. Aquat Biol 9: 251-261.

LIMA JF, SILVA LMA, SILVA, TC, GARCIA JS, PEREIRA IL AND AMARAL KDL. 2014. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth. Acta Amaz 44: 545-254.

LUCENA-FRÉDOU M, ROSA FILHO JS, NYLANDER M, ELPÍDIO A. 2010. Population dynamics of the river prawns *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu Island (Amazon Estuary). Crustaceana 83: 277-290.

MACIEL CR, VALENTI WC. 2009. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. Nauplius 17:61-79.

MACIEL CR, NEW MB, VALENTI WC. 2012. The predation of artemianauplii by the larvae of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), is affected by prey density, time of day, and ontogenetic development. J World Aquacult Soc 5: 659-669.

MACIEL CR, VALENTI WC. 2014. Assessing the potential of partial replacing of *Artemia* by practical inert diet in the larviculture of the Amazon river prawn. Bol Inst Pesca 40: 69-78.

MAGALHÃES C. 1985. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da Região Amazônica I. *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Crustacea: Decapoda). Amazoniana 9: 247-272.

- MALLASEN M, VALENTI WC. 2005. Larval development of the giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* at different ammonia concentrations and pH values. *J. World Aquacult. Soc.* 36, 32–41.
- MORAES-RIODADES PMC, KIMPARA JM, VALENTI WC. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. *Acta Limnol Bras* 18: 311-319.
- MONTOYA JV, ARRINGTON DA, WINEMILLER KO. 2014. Seasonal & diel variation of shrimp (Crustacea, Decapoda) on sandbanks of a tropical floodplain river. *J Nat Hist* 9-10: 557-574.
- MOREIRA LC, COLLART OO. 1993. Migração vertical nictemeral das larvas de *Macrobrachium amazonicum* num lago de várzea na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil. *Amazoniana* 12: 385-398.
- MOURA OS, ILKIU-BORGES ALAND BRITO ES. 2013. Brioflora (Bryophyta e Marchantiophyta) da Ilha do Combu, Belém, PA, Brasil. *Hoehnea* 40 (1): 143-165.
- NÓBREGA PSV, BENTES B, MARTINELLI-LEMOES JM. 2014. Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. *Nauplius* 22: 13-20.
- OSTRENSKY A, WASIELESKY JR W. 1995. Acute toxicity of ammonia to various life stages of the São Paulo shrimp, *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. *Aquaculture* 132,339–347.
- SANTOS A, GONZÁLES-GORDILLO JI. 2004. Illustrated keys for the identification of the Pleocyemata (Crustacea: Decapoda) zoeal stages, from the coastal region of southwestern Europe. *J Mar Biol* 84: 205-227.

SARTI A, SILVA AJ, CÔRTEZ RS, FORESTI E. 2008. Remoção de sulfato de águas residuárias industriais em reator anaeróbio de leito fixo operado em bateladas sequenciais. *Engsanit ambiente* 1: 15-22.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SEMA. 2008. Portaria nº 1.945, APA ilha do Combu. Available from: <http://www.semas.pa.gov.br/2008/10/24/9862/>

SILVA MCN, FRÉDOU L, ROSA FILHO J. 2007. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da ilha de Combu, Belém, estado do Pará. *Amazônia, Ciên Desenv* 2: 85-104.

SILVA GMF, FERREIRA MAP, VON LEDEBUREICFANDROCHA RM. 2009. Gonadal structure analysis of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) from a wild population: a new insight on the morphotype characterization. *Aquac Res* 40:798-803.

SILVA BC, ANDRE RC, BELETTINI F, BUGLIONE CC, JATOBÁ A, VIEIRA FN, ANDREATTA ER, DERNER RB, MOURIÑO JL. 2009. Utilização de *Thalassiosira weissflogii* em larvicultura de *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931). *Atlântica* 31: 39-50.

TU NPC, HA NN, IKEMOTO T, TUYEN CB, TANABE S, TAKEUCHI I. 2008. Bioaccumulation and distribution of trace elements in tissues of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae) from South Vietnam. *Fisheries Sci* 74: 109-119.

PAIVA RS, ESKINAZI-LEÇA E, PASSAVANTE JZO, SILVA-CUNHA MGG, MELO NFAC. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da Baía do Guajará e foz do Rio Guamá (Pará, Brasil). *Bol Mus Para Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, Belém 2: 133-146.

VALENTI WC, MELLO JTC, LOBÃO VL. 1986. Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Ciên Cult* 38: 1256-1262.

RAVENA-CAÑETE V, MONTEIRO E, CORREA MF, SILVA NMC.2009. Saúde e Exclusão Social: Empoderamento como Estratégia para construção do Bem-Estar. Público Priv 13: 123-137.

WALKER I. 1992. Life history traits of shrimps (Decapoda, Palaemonidae) of Amazonian Inland waters and their phylogenetic interpretation. Stud Neotrop Fauna Environ 2-3: 131-143.

WILLIAMSON DL. 1972. Larval development in a marine and freshwater species of *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). Crustaceana 3: 282-298.