



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

INGRID SANTOS PALHETA

**Aspectos reprodutivos de *Ucides cordatus* (Brachyura, Crustacea)
(Linnaeus, 1763) em um estuário amazônico**

Belém
2019

INGRID SANTOS PALHETA

**Aspectos reprodutivos de *Ucides cordatus* (Brachyura, Crustacea)
(Linnaeus, 1763) em um estuário amazônico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia.

Linha de Pesquisa: Ecologia de Organismos e Populações.

Orientadora: Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira

Belém
2019

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

P153a Palheta, Ingrid Santos
Aspectos reprodutivos de *Ucides cordatus* (Brachyura,
Crustacea) (Linnaeus, 1763) em um estuário amazônico / Ingrid
Santos Palheta. — 2019.
36 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Pará, Belém, 2019.

1. Ecologia reprodutiva. 2. Crustacea. 3. dinâmica
ambiental. 4. estuário. 5. análise multivariada. I. Título.

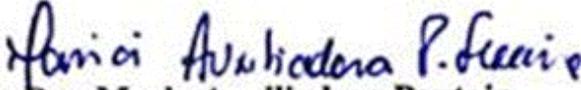
CDD 595.3

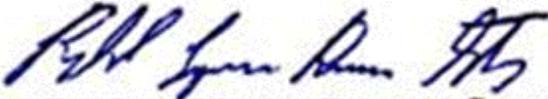
INGRID SANTOS PALHETA

**Aspectos reprodutivos de *Ucides cordatus* (Brachyura, Crustacea)
(Linnaeus, 1763) em um estuário amazônico**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA:


Prof. Dra. Maria Auxiliadora Pantoja
Ferreira
Orientadora


Prof. Dr. Raphael Ligeiro Barroso Santos
1º Membro


Prof. Dra. Rossineide Martins da Rocha
2º Membro


Prof. Dr. Marcelo Costa Andrade
3º Membro

Data da defesa: 27/02/2019. 09:00H.

AGRADECIMENTOS

Uma das poucas certezas da vida, é a de que nós estamos sempre em constante transformação e aprendizado! Nesses dois anos até aqui de pós-graduação todos os dias eu aprendi a ser grata. Não apenas pelos momentos leves e alegres, mas também pelos de dificuldade que me ensinaram a ser uma pessoa melhor.

E assim primeiramente á Deus pela saúde e coragem de seguir até aqui, senti sua presença a cada momento de fraqueza, mas também nos momentos de extrema felicidade. A Ele eu agradeço não somente por essa caminhada e sim por toda a longa jornada que estou percorrendo.

Ao meu esposo e também biólogo, Ney Monteiro, pelo apoio incondicional na vida pessoal e cotidiana, mas também por ter sido minha ‘equipe de coleta’, nos momentos mais complicados eu pude contar com sua confiança em mim, muito obrigada. Amo você!

A minha mãe Silvana, meu pai Afonso e irmão Thiago que nunca mediram esforços para que eu possa realizar meus sonhos. Eu não tenho palavras para descrever o orgulho e amor que sinto por vocês fazerem parte da minha vida.

Agradeço a professora Dr^a M^a Auxiliadora pela orientação, paciência e oportunidade concedidas. Lhe agradeço pela troca diária de conhecimentos científicos e experiências de vida. Por sempre nos fazer acreditar na qualidade dos nossos trabalhos. Muito obrigada!

A professora Dr^a Rossineide Martins da Rocha pelas conversas, conselhos e nos ensinar a fazer sempre o melhor.

Agradeço a ‘Família Histologia’ pelas conversas sempre enriquecedoras e pelo carinho com que me acolheram, os meninos sempre tão solícitos, tenho carinho enorme por cada um de vocês (Yanne, Renata, Juliana, Ivana, Gicelle, Liziane e Breno).

Ao professor Adriano Biancalana pelo apoio nas coletas das amostras e por ser ter me apresentar o mundo incrível da pesquisa científica. Obrigada!

Os pescadores caranguejeiros de Soure-Marajó foram muito importantes na ajuda da coleta das amostras ao longo da realização do trabalho.

Aos componentes da banca de defesa obrigada por aceitarem o convite.

Á UFPA e ao Programa de pós-graduação em Ecologia pela oportunidade de realização do projeto de mestrado.

Á Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

E todos que fizeram parte direta e indiretamente da realização desse trabalho, muito obrigada.

Aspectos reprodutivos de *Ucides cordatus* (Brachyura, Crustacea) (Linnaeus, 1763) em um estuário amazônico

RESUMO

Os ecossistemas de manguezal são ricos em biodiversidade porque apresentam características ambientais próprias. Os crustáceos estão entre os grupos de animais mais diversos dos manguezais com plasticidade reprodutiva e estratégias para melhor sucesso da reprodução. *Ucides cordatus*, é um caranguejo que desempenha serviços ecológicos importantes para manutenção desse ecossistema cuja biologia reprodutiva é estudada, mas com poucas informações sobre o efeito das variáveis ambientais nesse processo. Assim, o objetivo do presente estudo é determinar quais os fatores ambientais que afetam os parâmetros reprodutivos de *U. cordatus*. A área de estudo compreende o manguezal localizada na zona costeira do município de Soure e as coletas foram realizadas entre junho de 2017 e maio de 2018. Temperatura, pH, salinidade, turbidez e concentração de oxigênio dissolvido na água foram obtidos *in situ*. Pluviosidade e amplitude das marés foram concedidos pelo CPTEC/INPE. Espécimes adultos com largura da carapaça superior a 45 mm foram capturados, na maré baixa, através de coleta manual. Os animais foram lavados, crioanestesiados, pesados e medidos. Em seguida foram eutanasiados e fragmentos de ovários e testículos foram retirados, fixados em solução de Bouin e processados pela técnica histológica para análise em microscopia de luz. Ainda foram determinados valores de K, IGS e IHS. As relações dos fatores ambientais, períodos sazonais e fases reprodutivas de *U. cordatus* foram avaliadas pela PCA e regressão múltipla linear. Os machos não apresentaram estágios reprodutivos e as fêmeas foram classificadas em cinco estágios, repouso, maturação inicial e final, maduro e desovado. Nos machos o valor de K apresentou oscilações entre os períodos sazonais, com possível relação na ecdise e período reprodutivo, enquanto nas fêmeas não houve alteração. Em ambos os sexos os valores de IHS se manteve elevado e o IGS apresentou oscilações ao longo de todo o período de estudo. A análise de PCA e regressão múltipla linear nos machos/fêmeas mostram que a reprodução ocorre nos períodos seco e seco-chuvoso / seco-chuvoso e chuvoso. O conjunto das variáveis apresentou efeito sobre a maturação das gônadas do caranguejo-uçá. O fato de observarmos nesse estudo animais em desova em períodos mais longos que os estabelecidos por lei sugerem propostas de ajustes legais na adequação do período de defeso que deve abranger de novembro a abril. Assim, esse estudo é um importante modelo na reprodução de *U. cordatus* em uma área onde as condições ambientais preservadas são influenciadoras no ciclo de vida desta espécie.

Palavras chave: Ecologia reprodutiva, Crustacea, dinâmica ambiental, estuário, análise multivariada.

Reproductive aspects of *Ucides cordatus* (Brachyura, Crustacea) (Linnaeus, 1763) in an Amazonian estuary

ABSTRACT

Mangrove ecosystems are rich in biodiversity because they have their own environmental characteristics. Crustaceans are among the most diverse groups of mangroves with reproductive plasticity and strategies for reproductive success. *Ucides cordatus*, is a crab that performs important ecological services for the maintenance of this ecosystem whose reproductive biology is studied, but with little information on the effect of the environmental variables in this process. Thus, the aim of this study is to evaluate which environmental factors affect the reproductive parameters of *U. cordatus*. The study area was the mangrove located in the coastal zone at Soure's city. The collections were carried out between June 2017 and May 2018. Temperature, pH, salinity, turbidity, dissolved oxygen concentration of the water were measured *in situ*. Rainfall and tidal range were requested from the CPTEC / INPE. Adult specimens with carapace width greater than 45 mm were caught at low tide by fisherman. The animals were washed, cryo-anesthetized, weighed and measured. After euthanasia, ovarian and testes fragments were removed, fixed in Bouin's solution and processed by the histological technique for light microscopy analysis. Values of K, IGS and IHS were also determined. The relationship of environmental factors, seasonal periods and reproductive stages of *U. cordatus* were evaluated by PCA and linear multiple regression. The males did not present reproductive stages and females were classified in five stages, resting, initial and final maturation, mature and spawned. In males, the K value showed oscillations between the seasonal periods, with possible relation in ecdysis and reproduction, in the females there was no change. In both sexes the IHS values remained elevated and the IGS showed oscillations throughout the study period. PCA and linear multiple regression tests in males / females show that reproduction occurs in the dry and dry-rainy / dry-rainy and rainy periods. The set of variables had an effect on the maturation of the gonads of the crab-uçá. The fact that we observe spawning animals in longer periods than those established by law suggest proposals for legal adjustments in the adaptation of the closed season, from November to April. Thus, this study is an important model in the reproduction of *U. cordatus* in an area where the preserved environmental conditions are influencing in the life cycle this species.

Key words: Reproductive ecology, Crustacea, environmental dynamics, estuary, multivariate analysis.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Objetivos.....	10
3. Materiais e métodos	11
3.1 Área de estudo.....	11
3.2 Parâmetros ambientais	11
3.3. Coleta dos espécimes e procedimento laboratorial.....	12
3.4. Análise de dados.....	13
4. Resultados	14
5. Discussão.....	23
6. Conclusão	26
7. Referências.....	27

1. Introdução

Estuários são ambientes complexos caracterizados pela atuação de fatores ambientais dinâmicos como a salinidade, pH e a inundação periódica das margens ocasionada pelas marés que modificam as características dos ecossistemas aquáticos e terrestres que estão associados a ele, assim delimitam a ocorrência de espécies vegetais e animais (Mori et al., 2010). Dessa forma, os organismos estuarinos são adaptados às condições locais e apresentam mecanismos ecológicos diferenciados para a sobrevivência (Schaeffer-Novelli, 2016).

A Amazônia é dotada de uma biodiversidade característica, e em virtude da complexidade ambiental dos ecossistemas terrestres se reflete na combinação de fatores físicos e biológicos que torna os estuários amazônicos ambientes únicos se comparados a zonas costeiras de outras regiões do Brasil e do mundo (Magalhães et al., 2015). Segundo Wolf et al. (2000), os estuários mantêm um fluxo constante de nutrientes que permite a estruturação de uma teia alimentar intrincada e permite que diversos grupos taxonômicos, em destaque peixes, moluscos e crustáceos desenvolvam seu ciclo de vida, enquanto a extensa rede de drenagem submete os organismos estuarinos a estresses osmóticos relacionados com a descarga de água doce. Em contrapartida, as macromarés deslocam em direção à costa água salgada, principalmente no período de estiagem, provocando modificações metabólicas nos organismos bentônicos (Barthem & Schwassmann, 1994; Charles & McKenney, 1996).

Aos estuários está associado o ecossistema de manguezal, que é encontrado em áreas costeiras tropicais e subtropicais reconhecido como uma zona de transição entre a terra firme e o ambiente marinho, que variam grandemente em forma de crescimento, padrões de distribuição de espécies e estrutura de povoamento (Schaeffer-Novelli, 1990). A eles é atribuída funções ecológicas importantes com áreas de nidificação e repouso para aves, desova de peixes marinhos, além de proteção física da área costeira contra a erosão (Schaeffer-Novelli, 1995; Spalding et al., 2010). No Brasil se estende de forma descontínua do litoral do estado do Amapá a Santa Catarina, associados a regiões onde existe confluência de corpos de água doce com a marinha (Schaeffer-Novelli, 1995; Dittmar et al., 2001; Meneses et al., 2008).

Esse conjunto de variáveis são refletidas sobre a reprodução dos invertebrados estuarinos, um dos eventos mais importantes para a perpetuação das espécies, que podem adequar o ciclo reprodutivo em resposta ao ambiente para garantir maior sucesso reprodutivo (Bezerra & Matthews-Cascon, 2007). Fatores como salinidade, temperatura e turbidez afetam os aspectos

reprodutivos dos organismos, que se refletem na duração e periodicidade dos períodos reprodutivos, taxas de fecundidade e sobrevivência (Ligas et al., 2011).

Entre os invertebrados mais bem estudados sobre seus aspectos reprodutivos está o subfilo Crustacea, o qual possui diversidade morfológica e fisiológica diferenciadas para as variabilidades ambientais (Long et al., 2017).

Neste subfilo destaca-se *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), conhecido popularmente como caranguejo-uçá e que pertence à família Ocypodidae (Melo, 1996). Ele é característico das áreas de manguezais da costa leste do continente americano, com distribuição geográfica do estado da Flórida, nos Estados Unidos à Santa Catarina no Brasil. É um caranguejo semi-terrestre, que habita a faixa entre a zona de influência de marés, escava suas galerias no substrato inconsolidado em profundidades que podem chegar a 1,8 metros e possui característica eurihalina (Bright & Hogue., 1972).

Ucides cordatus é uma espécie é considerada chave para manutenção do ecossistema de manguezal, pois desempenha diversos serviços ecológicos, tais como bioturbação da serrapilheira, ciclagem de matéria orgânica, enriquecimento da microbiota e oxigenação do solo, e é um importante integrante da teia alimentar do ambiente (Nordhaus et al., 2006; Nordhaus et al., 2007; Araújo et al., 2012; Christofolletti et al., 2013). Essa espécie apresenta um histórico de exploração na pesca por seu valor nutricional, abundância e grande porte, é um dos recursos pesqueiros mais retirados na zona costeira do Brasil (Glaser & Diele., 2004), sendo fonte de renda e subsistência para populações ribeirinhas (Santos et al., 2016).

Segundo o IBAMA (2007 e 2009), a captura no Brasil do caranguejo-uçá, que tem o estado do Pará como principal produtor, foi de 6.818 toneladas em 2007, bem menor do que as 10.150 toneladas obtidas em 2005 evidenciando que a queda na produção desse período. Essa queda de produção pode estar relacionada a áreas de intensa exploração que chegaram ao esgotamento, com destaque também em áreas do Nordeste, principalmente em manguezais no estado do Ceará; e as lacunas nos registros sobre a exploração do recurso. Na região Norte têm sido registrados grandes contingentes pesqueiros que exploram a espécie para comercialização, o que tem levantado questões sobre o perigo da sobrepesca, aliados a mortalidade por pesca com armadilhas ilegais, destruição dos manguezais e doenças, que justificam a preocupação de pesquisadores quanto ao risco de extinção desta espécie (Boeger et al., 2005, Diele et al., 2005).

A preocupação com os estoques naturais das espécies também estão relacionados com o seu ciclo de vida complexo, com alta mortalidade nas primeiras fases de vida, o que dificulta a reprodução e o cultivo em laboratório, em virtude dos animais levarem de 2 a 3 anos para atingir a maturidade sexual (Pinheiro *et al.*, 2005), e em média 6,1 anos para atingir a largura mínima da carapaça para pesca de 60 milímetros estabelecido pela Lei Ibama 122/2001 (Diele & Koch, 2010).

Desde maio de 2003 o Ministério do Meio Ambiente pela Lei nº 10.683, proíbe a captura e comercialização da espécie entre janeiro e março com o objetivo de proteger os períodos de reprodução do caranguejo-uçá, a fim de manter os estoques naturais adequados. No período reprodutivo os animais saem de suas tocas e realizam migrações dentro dos manguezais e podem chegar até as praias próximas e se tornarem vulneráveis à captura (Wunderlich *et al.*, 2008).

A biologia reprodutiva de *U. cordatus* tem sido objeto de estudo que buscam os seus padrões de reprodução (Dalabona & Silva, 2005; Santa'Anna *et al.*, 2014). Os primeiros relatos sobre a reprodução da espécie descreveram a morfologia geral macro e microscópica do sistema reprodutivo da espécie (Mota-Alves 1975). A reprodução ocorrendo em período sazonal, restrito aos meses chuvosos e quentes (Castiglioni *et al.*, 2013), embora Amaral *et al.*, (2014) tenha identificado atividades de reprodução da espécie nos meses de maio a agosto em locais da região Norte.

Ucides cordatus é sensível á perturbações ambientais, tais como a degradação da floresta de manguezais, poluição de corpos d'água e aparecimento de patógenos, que comprometem os estoques pesqueiros, pois alteram sua dinâmica natural de reprodução, refletindo em baixas densidades populacionais em áreas muito degradadas (Duarte *et al.*, 2006). Assim estudos com a reprodução da espécie em ambientes pouco antropizados são importantes pois são modelos de comportamento reprodutivo natural (Camargo *et al.*, 2015).

Estudos relacionados á compreensão da ecologia reprodutiva são importantes pois esclarecem como o ambiente têm relação com a manutenção dos organismos nos ecossistemas. O presente trabalho busca elucidar o comportamento reprodutivo de uma espécie que participa de diversos processos ecossistêmicos para manutenção dos manguezais, em uma área com ambiente em condições naturais preservadas ao mesmo tempo que corresponde a um estuário tropical oligohalinos (salinidade entre 0-8). Além de auxiliar no correto manejo da espécie em uma área de reserva extrativista com potencial sobrepesca do caranguejo-uçá.

Mediante esse contexto, baseado na condição que os parâmetros reprodutivos dos animais da região amazônica vem sofrendo oscilações de acordo com a sazonalidade (Wunderlich et al., 2008; Pinheiro & Fiscarelli, 2009) a hipótese desse estudo é que os fatores ambientais analisados (precipitação, turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade e amplitude de maré) apresentarão diferentes efeitos sobre a reprodução de *U. cordatus*, de modo que a maior amplitude de maré propicia maior dispersão das fases larvais e elevada a disponibilidade de recursos para seu desenvolvimento.

2. Objetivos

Geral

- Analisar a influência dos fatores abióticos (salinidade, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, precipitação e amplitude de maré) nos parâmetros reprodutivos de *Ucides cordatus*.

Específicos

- Relacionar os fatores ambientais com o desenvolvimento gonadal para machos e fêmeas.
- Avaliar a frequência de estágios reprodutivos durante um ciclo anual.
- Avaliar o fator de condição, índice hepatossomático e gonadossomático para machos e fêmeas ao longo do ano.
- Estabelecer estatisticamente os fatores determinantes para reprodução de *U.cordatus*.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

O estudo ocorreu em uma zona de manguezal no complexo estuarino do rio Amazonas ($00^{\circ}43'00''\text{S}, 48^{\circ}31'24''\text{W}$), caracterizada pela vegetação do gênero *Rizophora* e espécies *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* (Meneses et al., 2008). Essa área constitui a Reserva Extrativista Marinha de Soure (RESEX Marinha de Soure), com cerca de 29.578,36 hectares. As licenças de coleta foram concedidas pelo ICMBio (SISBIO: 57397-1). Ao norte a reserva sofre influências do oceano Atlântico, com limites ao sul no rio Paracauary e ao leste é banhada pela baía do Marajó que é formada pelo rio Pará e rio Tocantins. A região é dominada por um regime de macromarés semidiurna (DHN, 2018). O clima da região é quente e úmido (Peel et al., 2007), em que sofre influência da Zona de Convergência Inter-Tropical (Climate-Date, 2018) (figura 1).

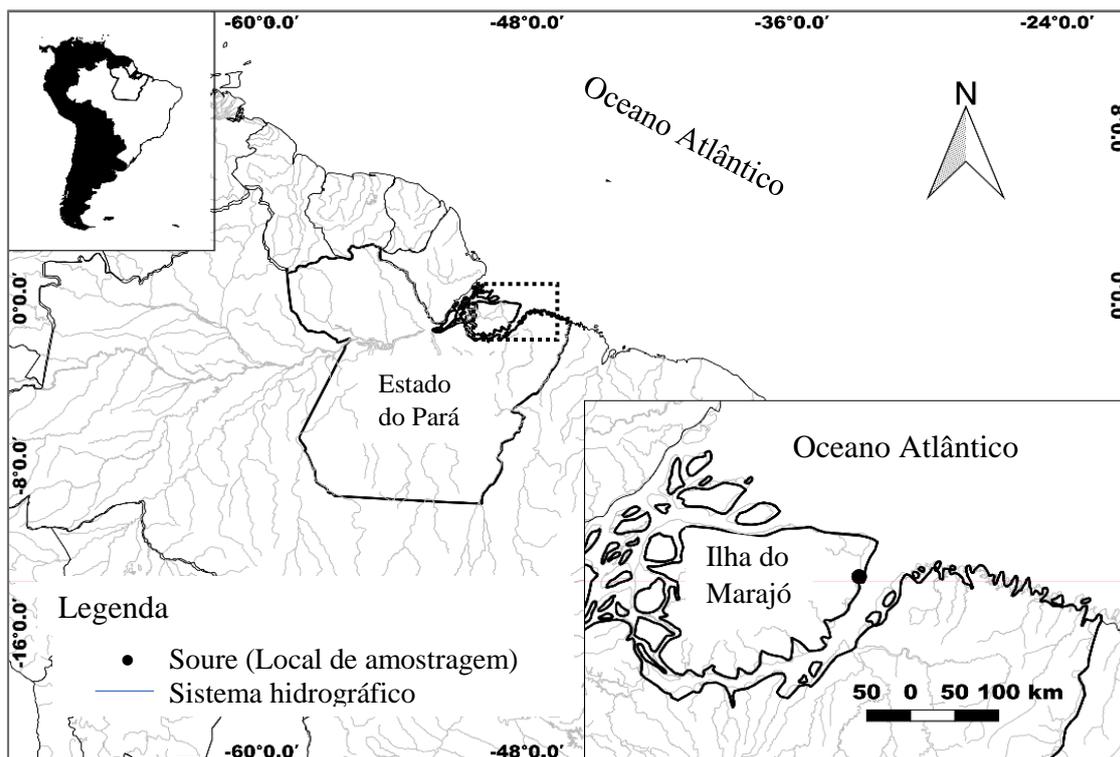


Figura 1: Localização da área de coleta dos dados bióticos e abióticos.

3.2. Parâmetros ambientais

Para analisar as relações dos parâmetros ambientais com a atividade de reprodução de *U. cordatus* foi registrada os fatores físicos e químicos da água (salinidade, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e temperatura) com auxílio de uma sonda Horiba-U52 em locais próximos aos pontos de coleta. Informações de amplitude da maré e pluviosidade foram concedidas pelo Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) da estação automática localizada no município de Soure. Baseadas na média de precipitação mensal, o período de estudo foi agrupado em quatro estações hidrológicas, transicional chuvoso-seco (maio, junho e julho), seco (agosto, setembro, outubro e novembro), transicional seco-chuvoso (dezembro e janeiro) e chuvoso (fevereiro, março e abril).

3.3. Coleta dos espécimes e procedimento laboratorial

Exemplares de *U. cordatus* foram coletados mensalmente entre junho de 2017 e maio de 2018 em maré baixa quando a abertura das galerias dos animais está exposta no substrato. Nas áreas de manguezais eram colocados três transectos, com distância de 100 metros entre si. De acordo com o estabelecido por Dalabona et al., 2005, somente animais com carapaça acima de 45mm foram coletados o que assegura que todos eram maduros sexualmente. Através da técnica de ‘braceamento’, que consiste em introduzir um dos braços na galeria do animal e o extrai de dentro de mesma, após a captura os animais foram conduzidos ao laboratório. O dimorfismo sexual foi estabelecido de acordo com o proposto por Pinheiro & Fiscarelli (2001) através da análise do formato do abdômen triangular nos machos e oval nas fêmeas (figura 2).



Figura 2: Visão dorsal do abdômen de *U. cordatus*. A: macho com abdômen triangular (pontilhado). B: fêmea com abdômen oval (círculo).

Após a captura os caranguejos foram crioanestesiados por 40 minutos, pesados e medidos. A carapaça dorsal foi removida e realizada a dissecação e pesagem das gônadas e do hepatopâncreas. Os órgãos foram então fixados em solução de Bouin por 24 horas e submetidas a técnica histológica para inclusão em parafina e análise em microscopia de luz (Prophet et al., 1992).

3.4. Análise de dados

O índice gonadossomático (IGS) foi calculado para avaliar a massa da gônada em relação a massa total do animal como indicador do estágio de maturação gonadal. O índice hepatossomático (IHS) foi calculado para avaliação das mudanças na massa do hepatopâncreas em relação a massa total para determinar a demanda energética, visto que o hepatopâncreas é o principal órgão de reserva de energia foram calculados segundo Grant & Tyler (1983). O IGS foi determinado pela equação $IGS = (Mg/Mt) * 100$, na qual Mg é a massa da gônada e Mt é a massa total do indivíduo. O IHS foi determinado pela equação $IHS = (Pht/Mt) * 100$ onde, Pht é o peso total do hepatopâncreas em gramas; Mt é a massa total em gramas.

Para determinar o estado de 'bem estar' dos animais, que pode ser resultado da condição fisiológica em se encontra o animal, primeiramente foi estabelecido o cálculo da relação massa-comprimento foi atribuída equação $Mt = a * CT^b$, onde: Mt é massa total em gramas, CT é o comprimento total em centímetros, a é o coeficiente de proporcionalidade e b é o coeficiente de alometria. Para o cálculo do fator de condição foi estabelecida a equação $K = M/LC^b$, onde: Mt = massa total; LC = largura do cefalotórax; K = fator de condição; b = coeficiente alométrico obtido através da relação massa-comprimento (LeCren, 1951).

Para a relação dos parâmetros ambientais entre os períodos hidrológicos foi analisada a distribuição normal com o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias por meio do teste de Levene. A distribuição dos dados amostrais para a variável não foi normal ($p < 0.05$) mesmo após as transformações com $\log(x+1)$ e todas as variâncias foram homogêneas ($p > 0.05$). Portanto, o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (teste H) foi adotado para as análises com nível de significância estatística ($\alpha = 0.05$).

Para testar a diferença do IGS, IHS e fator de condição entre os períodos sazonais foi aplicada uma ANOVA para cada parâmetro reprodutivo separadamente para machos fêmeas, onde a distribuição e homogeneidade foram atendidas, com a comparação das médias realizada pelo Teste de Tukey ($\alpha = 0.05$).

A relação da salinidade, amplitude da maré, precipitação, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e temperatura com a atividade de reprodução entre os períodos sazonais foi avaliado através de uma análise de componentes principais (PCA). Os dados coletados em unidades de medidas diferentes foram padronizados. Efeito dos parâmetros ambientais sobre as variáveis da atividade de reprodução foi testado através de um modelo de regressão linear múltipla. As

análises foram realizadas separadamente para cada sexo utilizando o programa R (R Development Core Team 2016) e o Past (Hammer et al., 2001).

4. Resultados

Durante o estudo foram observadas variações de precipitação, turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade e amplitude de maré com diferença significativa entre os períodos sazonais (K-W $p < 0.001$). No período seco a precipitação, turbidez e oxigênio dissolvido apresentaram menores médias comparadas aos outros períodos, enquanto para a salinidade foi registrada a maior média neste período. Para o período chuvoso com o aumento da média de precipitação, houve aumento da média de turbidez e baixa salinidade (tabela 1).

Tabela 1: Média (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais nos períodos sazonais.

Variáveis ambientais	Período sazonal			
	chuvoso-seco	seco	seco-chuvoso	chuvoso
Temperatura (°C)	29.5 (\pm 0.28) ^a	29.11 (\pm 1.13) ^b	28.19 (\pm 0.09) ^c	28.9 (\pm 0.42) ^b
pH	7.64 (\pm 0.23) ^a	7.71 (\pm 0.38) ^a	8.76 (\pm 0.25) ^b	8.13 (\pm 0.31) ^c
Turbidez	86.7 (\pm 44.6) ^a	28.2 (\pm 15.71) ^b	32.15 (\pm 11.95) ^c	59.23 (\pm 5.81) ^d
OD	15.3 (\pm 3.55) ^a	11.73 (\pm 3.45) ^b	18.99 (\pm 1.44) ^c	18.14 (\pm 1.77) ^d
Salinidade	2.36 (\pm 2.63) ^a	4.97 (\pm 2.80) ^b	1.65 (\pm 1.06) ^a	0.36 (\pm 0.46) ^c
Precipitação (mm)	177.4 (\pm 89.5) ^a	8.42 (\pm 4.95) ^b	229 (\pm 61.94) ^a	377.8 (\pm 68.7) ^c
AM (m)	2.67 (\pm 0.01) ^a	2.60 (\pm 0.02) ^b	2.64 (\pm 0.04) ^c	2.66 (\pm 0.06) ^c

OD= oxigênio dissolvido. AM= amplitude de Maré.

Um total de 352 espécimes de *U. cordatus*, 184 machos e 168 fêmeas foram coletados. O aparelho reprodutor foi observado na porção dorsal do cefalotórax formado por um par de gônadas conectadas na porção mediana. Nos machos de *U. cordatus* o aparelho reprodutor possui um par de testículos, um par de canais deferentes e um par de glândulas anexas na extremidade dos canais (Figura 3A-B). Microscopicamente o órgão é formado por túbulos seminíferos de formato variado. Durante o período de estudo foram encontrados exemplares com túbulos contendo somente células da linhagem espermatogênica em diferentes fases de divisão e animais cujos túbulo seminíferos eram ocupados por uma grande quantidade de espermatozoides (figura 3C-D).

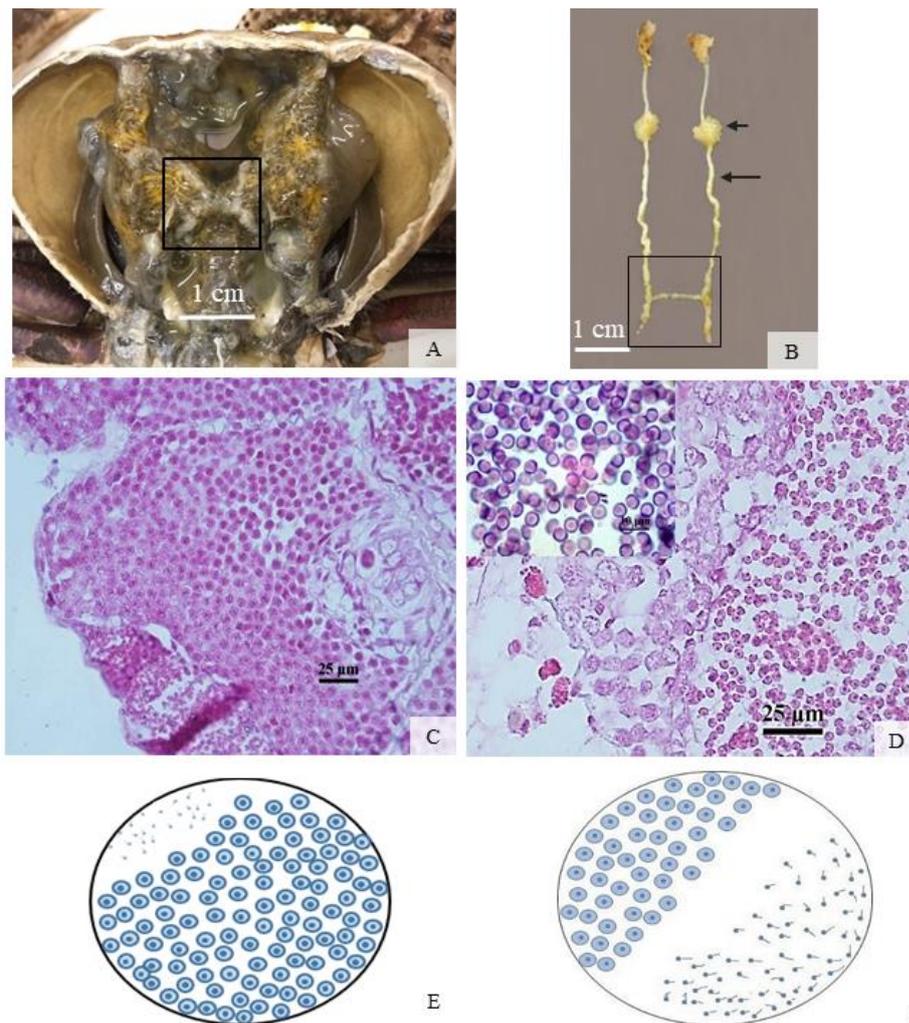


Figura 3: A- aspecto estrutural do aparelho reprodutor de *Ucides cordatus*. B: aparelho reprodutivo dissecado. C: túbulos seminíferos mostrando células espermatogênicas. D: túbulos seminíferos preenchidos por espermatozoides. E: ilustração dos túbulos preenchidos por células da linhagem espermatogênica. F: ilustração dos túbulos ocupados por espermatozoides.

Nas fêmeas o aparelho é composto por um par de ovários e um par de espermatecas e baseado nas análises macroscópicas e histológicas os ovários foram classificados em cinco estágios de maturação: em repouso, quando os ovários são flácidos e coloração parda, contendo centros germinativos ocupados por oogônias e oócitos tipo I; maturação inicial, quando os ovários apresentam coloração alaranjada e contém oogônias, oócitos tipo I e tipo II ou vitelogênese inicial; maturação final, quando a gônada apresenta coloração marrom e predomínio de oócitos tipo II e alguns oócitos tipo III com maior presença de grânulos de vitelo; estágio maduro, quando os ovários estão com coloração roxa e ocupado por oócitos tipo IV ou vitelogênicos que se caracteriza pelo citoplasma completamente ocupado por grânulos de

vitelo; estágio desovado, quando o ovário possui aspecto flácido, coloração alaranjada/parda e tecido conjuntivo desorganizado com oócitos em atresia e um lúmen evidente (figura 4).

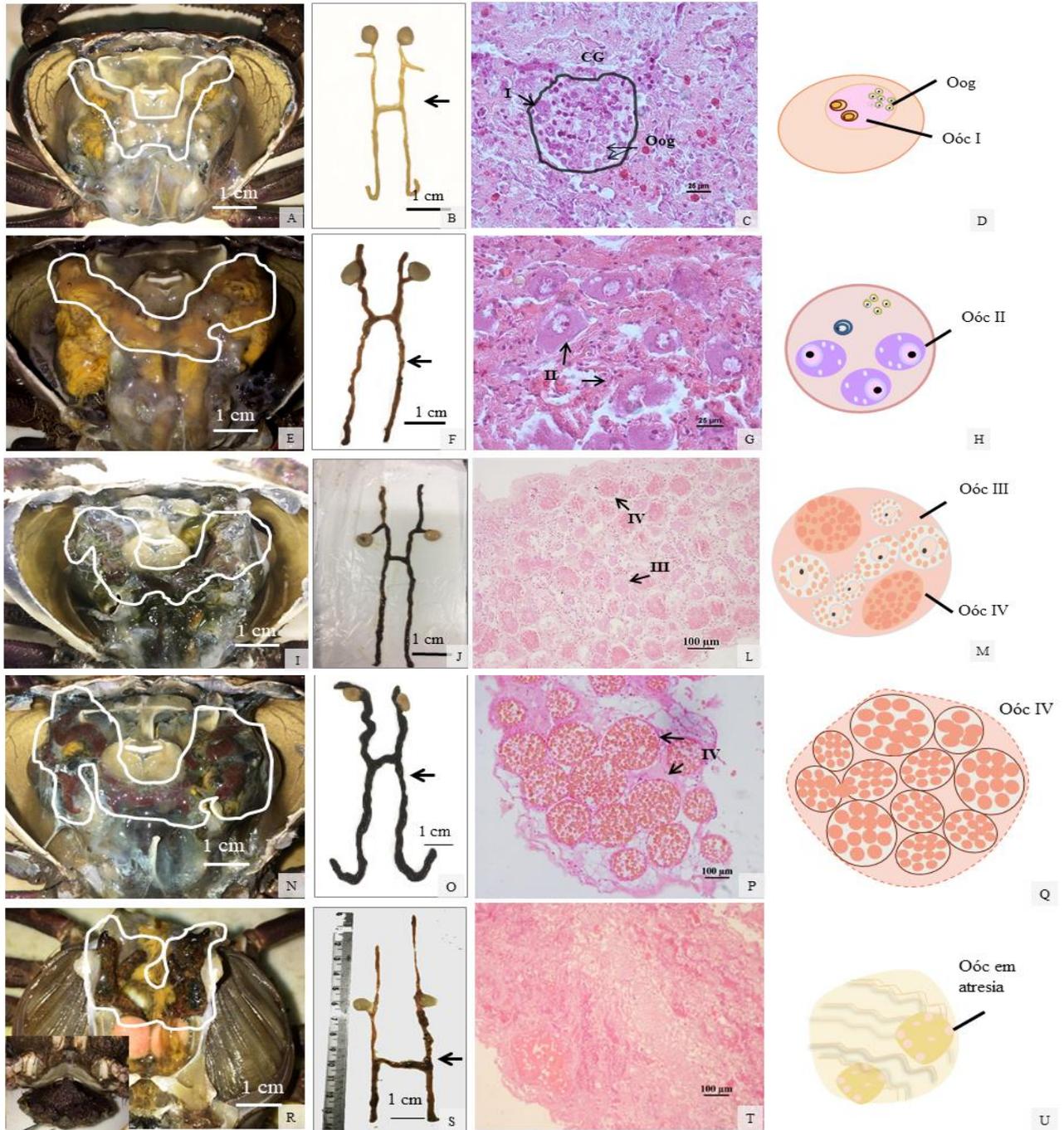


Figura 4: A: Aspecto estrutural do ovário de *Ucides cordatus* em cinco estágios de maturação. A,B Estágio em repouso, coloração parda. C: Presença de oogônias constituindo os centros germinativos e oócitos do tipo I. D: ilustração dos ovários em repouso. E, F: Ovário no estágio em maturação inicial de coloração alaranjado. G: presença de oócitos tipos I e II. H: ilustração dos ovários em maturação inicial. I,J: Ovário no estágio em maturação final com coloração marrom. L: Presença de oócitos do tipo III. M: ilustração dos ovários em maturação final. N,O: Estágio maduro com coloração roxa. P: Predomínio de oócitos tipo IV. Q: ilustração dos ovários maduro. R,S: Estágio de desova. Coloração

alaranjada ou parda. Detalhe ovos no abdômen. T. Presença de oócitos tipo I e em atresia. U: ilustração dos ovários em atresia.

Os estágios repouso e maturação inicial foram encontrados predominando nos períodos transicional chuvoso-seco e início do seco, quando há aumento da salinidade e baixo índice de precipitação e amplitude de maré (figura 5A). Os ovários em maturação final e maduro foram encontrados nos períodos seco e transicional seco-chuvoso, quando inicia a elevação dos níveis de precipitação e redução da salinidade. Os ovários desovados estiveram presentes no período transicional seco-chuvoso e chuvoso em que são observados maiores níveis de oxigênio dissolvido, turbidez, precipitação e amplitude da maré (figura 5B).

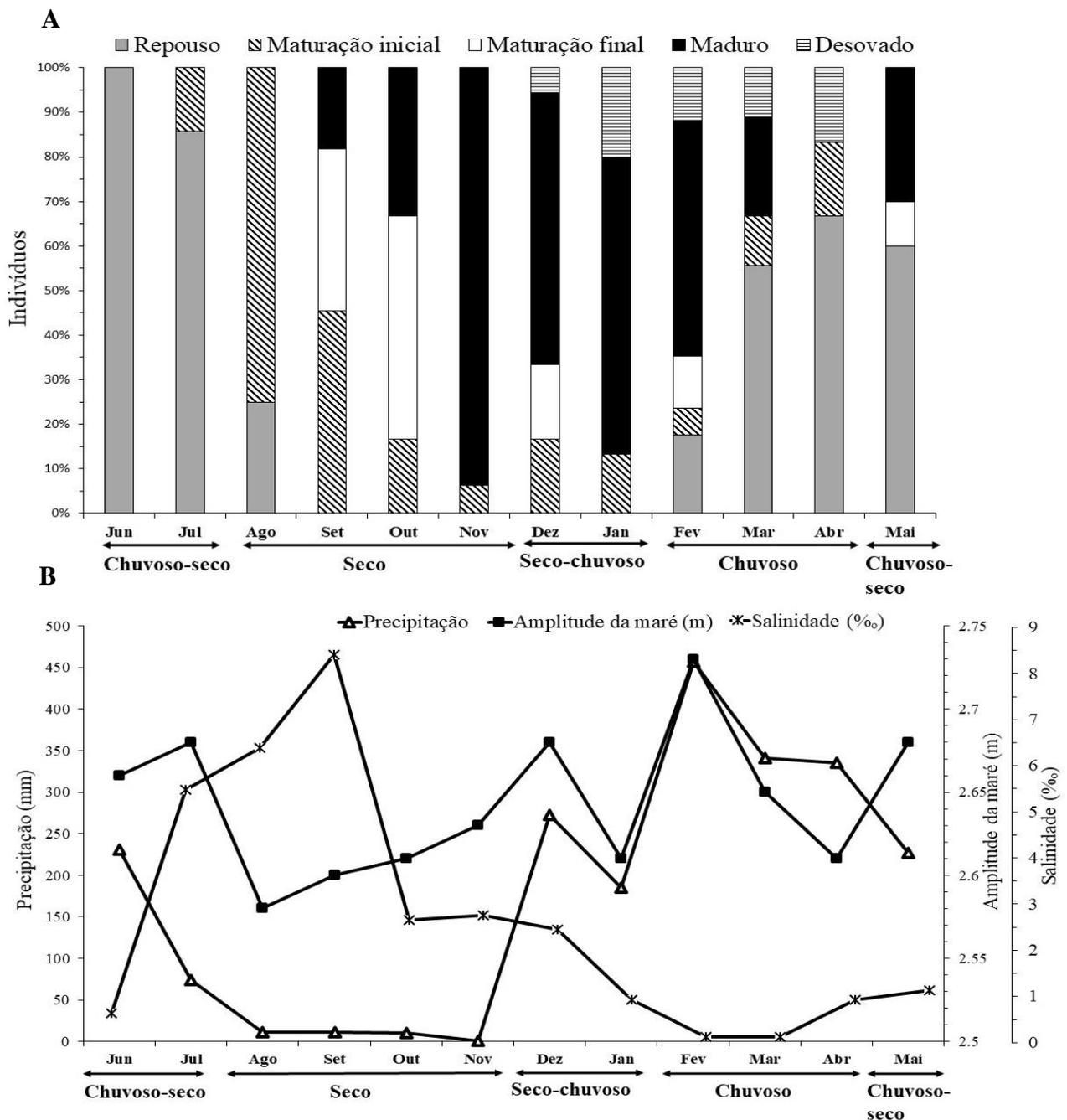


Figura 5: A: Frequência de estágios de maturação ovariana. B. Níveis de precipitação, salinidade e amplitude de maré de acordo com os períodos sazonais ao longo do ano.

O fator de condição dos machos foi estatisticamente diferente entre os períodos sazonais seco e seco-chuvoso (F: 3.508; p: 0.016) e das fêmeas não diferiu entre os períodos (F: 1.521; p: 0.211). Nos índices hepatossomáticos dos machos houve diferença entre períodos seco e chuvoso-seco (F: 5.488; p: 0.001) e o IHS das fêmeas diferiu entre os períodos chuvoso-seco, seco-chuvoso e chuvoso (F: 3.723; p: 0.013). O IGS dos machos foi diferente entre os períodos chuvoso-seco, seco-chuvoso e chuvoso (F: 6.908; p: 0.041), o IGS de fêmeas diferiu entre os períodos chuvoso-seco e seco, chuvoso-seco e seco-chuvoso e seco-chuvoso e chuvoso (F: 19.53; p: 0.001) (figura 6).

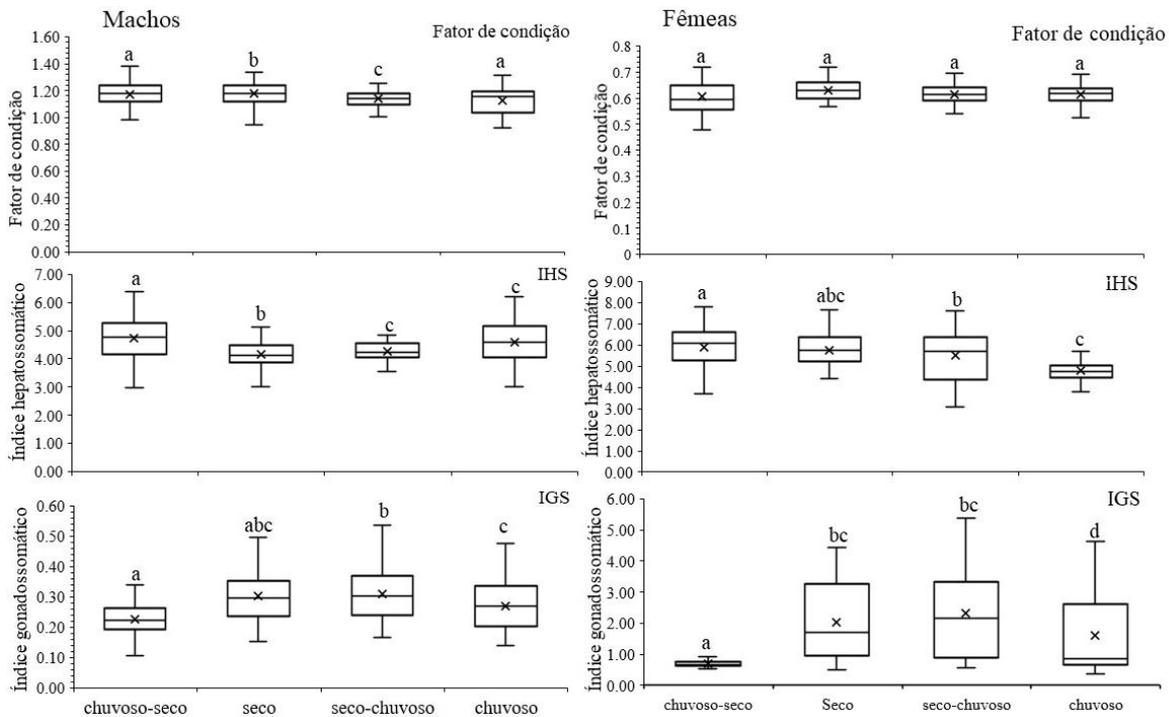


Figura 6: Análise do fator de condição, IHS e IGS de machos e fêmeas de acordo com o período sazonal ao longo de um ano.

Para os machos, a análise de PCA em seus dois primeiros eixos explicaram 88.9% de variação encontrada entre os períodos sazonais, fatores ambientais e reprodutivos. Na formação do primeiro eixo amplitude de maré e precipitação foram altas nos períodos chuvoso e transicional seco-chuvoso e estão relacionadas positivamente ao IHS e a salinidade contribui negativamente em 63.6% na formação do eixo. Na formação do segundo eixo a relação está no fator de condição positivamente e IGS negativamente, em cerca de 25.3%. Fator de condição e IGS estão diretamente relacionadas com a salinidade e o período seco (figura 7).

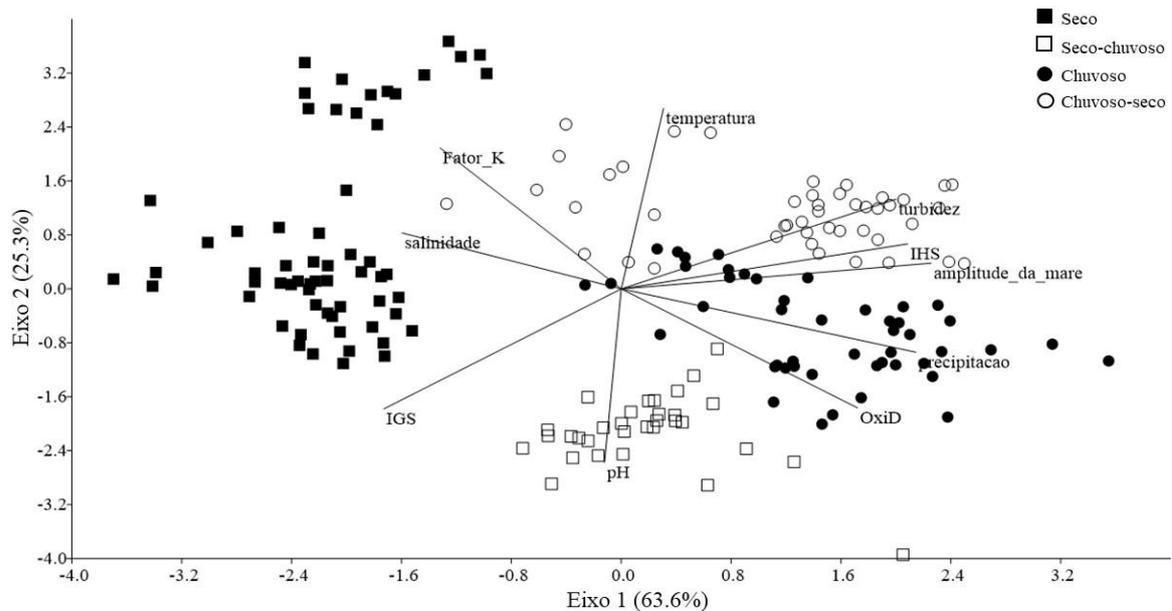


Figura 7: Relação dos parâmetros reprodutivos de machos, período sazonal e as variáveis ambientais ordenadas pela análise de componentes principais (PCA).

Para as fêmeas, a PCA em seus dois primeiros eixos explicaram 88.9 % da variação observada entre os períodos sazonais, fatores ambientais e reprodutivos. No primeiro eixo os estágios de maturação (inicial e final), maduro e IGS contribuíram positivamente, enquanto salinidade e fator de condição contribuíram negativamente em 45.2% na formação do eixo.

O segundo eixo explicou 43.7% da variação observada e contribuíram positivamente para formar o eixo o estágio desovado, oxigênio e precipitação e negativamente o estágio de repouso e a turbidez. Estágio de repouso possui relação com o período chuvoso e transicional chuvoso-seco que apresentam grandes de amplitudes da maré. As gônadas em estágios de maturação inicial e final estão relacionados aos períodos seco-chuvoso, o estágio maduro está fortemente relacionado ao período seco, embora também apresente relação com o período transicional seco-chuvoso e são influenciados negativamente pela amplitude de maré, enquanto o estágio de desova apresenta relação com o período seco-chuvoso (figura 8).

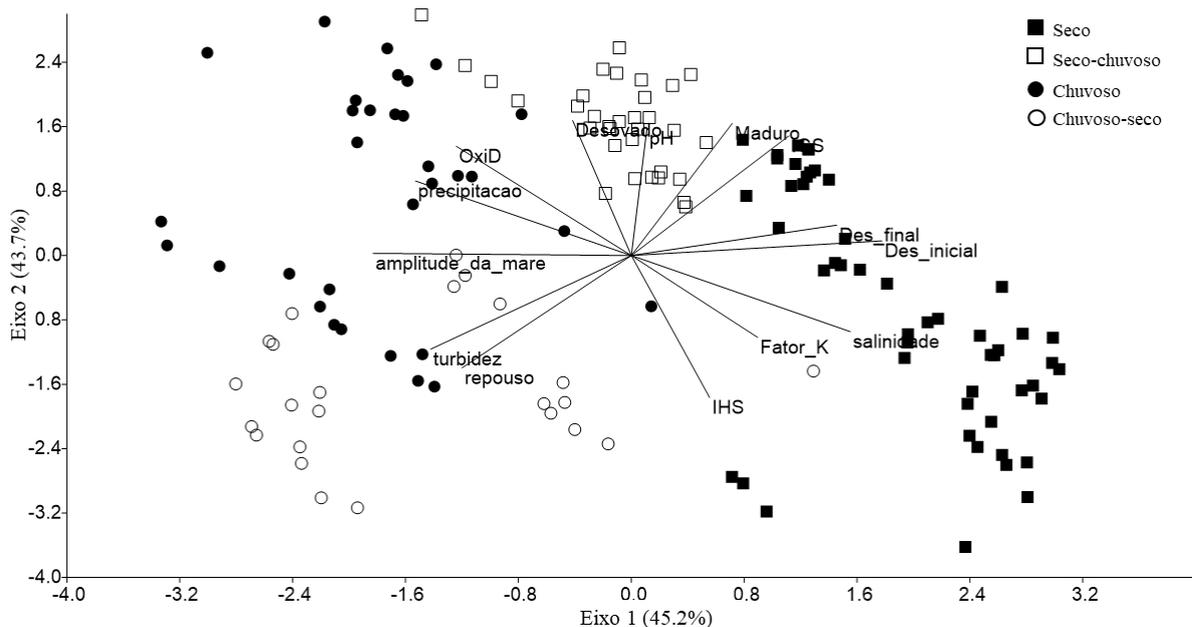


Figura 8: Relação dos parâmetros reprodutivos de fêmeas, período sazonal e as variáveis ambientais ordenadas pela análise de componentes principais (PCA).

O modelo da regressão linear múltipla mostra que o fator de condição sofreu influência da precipitação positivamente e amplitude de maré negativamente (R^2 : 0.066; F: 1.778; p: 0.094), o IHS está sob efeito positivo da temperatura e oxigênio dissolvido (R^2 : 0.117; F: 3.34; p: 0.002), enquanto o IGS de machos tem influência positiva da salinidade e as outras variáveis não apresentaram efeito (R^2 : 0.160; F: 4.821; p: 0.001) (tabela 2).

Tabela 2: Modelo de regressão múltipla linear baseada na influência das variáveis ambientais sobre o IGS, Fator de condição e IHS dos machos de *U. cordatus*.

	Fator de condição				IHS				IGS			
	b*	Std. erro	valor t	p	b*	Std. erro	valor t	p	b*	Std. erro	valor t	p
(Intercept)			-1.260	0.209	-0.042	0.096					2.698	0.007
temperatura	0.029	0.029	1.003	0.317	0.411	0.176	2.332	0.02	0.03	0.02	-1.774	0.077
pH	-0.02	0.046	-0.445	0.656	-0.017	0.282	-0.063	0.949	0.026	0.027	0.953	0.341
turbidez	-0.001	0.008	-0.791	0.429	0.001	0.004	0.287	0.774	0.001	0.001	0.08	0.92
OD	0.001	0.007	0.081	0.935	0.108	0.046	2.341	0.02	0.001	0.001	-0.004	0.997
salinidade	-0.015	0.009	-1.673	0.096	0.067	0.001	0.253	0.217	0.015	0.005	2.873	0.004
precipitação	-0.001	0.001	-2.703	0.007	0.001	0.001	0.253	0.8	0.001	0.001	1.380	0.169
AM	0.82	0.34	2.410	0.016	-3.379	2.064	-1.637	0.103	-0.415	0.204	-2.036	0.043

OD= oxigênio dissolvido, AM= amplitude de Maré, IHS= índice hepatossomático, IGS= índice gonadossomático.

A análise das variáveis sobre o IHS de fêmeas não houve efeito sobre este índice (R^2 : 0.134; F: 3.555; p: 0.001). assim como não foi observado efeito das variáveis sobre o fator de condição das fêmeas (R^2 : 1.32; F: 1.325; p: 0.234). Para o IGS de fêmeas as variáveis com efeito foram turbidez, salinidade e precipitação negativamente e oxigênio dissolvido e amplitude de maré positivamente (tabela 3).

Tabela 3: Modelo de regressão múltipla linear baseada na influência das variáveis ambientais sobre o fator de condição, IHS e IGS das fêmeas de *U. cordatus*.

	Fator de condição				IHS				IGS			
	b*	Std. erro	valor t	p	b*	Std. erro	valor t	p	b*	Std. erro	valor t	p
(Intercept)			1.816	0.071			0.518	0.605			-2.749	0.006
temperatura	-0.021	0.015	-1.411	0.16	0.613	0.268	1.068	0.287	0.001	0.225	1.500	0.135
pH	0.019	0.023	0.849	0.397	0.011	0.405	1.513	0.132	-0.037	0.339	-0.109	0.912
turbidez	0.001	0.001	1.600	0.111	-0.1	0.008	1.415	0.159	-0.026	0.006	-3.826	0.001
OD	-0.001	0.001	-1.679	0.095	-0.026	0.065	-1.533	0.127	0.213	0.055	3.880	0.001
salinidade	0.001	0.001	0.672	0.502	-0.001	0.083	-0.314	0.754	-0.152	0.069	-2.184	0.03
precipitação	-0.001	0.001	-0.393	0.695	-4.613	0.001	-0.349	0.727	-0.005	0.001	-5.347	0.001
AM	-0.014	0.172	-0.084	0.933	0.286	2.971	-1.552	0.123	0.661	0.249	2.656	0.008

OD= oxigênio dissolvido, AM= amplitude de Maré, IHS= índice hepatossomático, IGS= índice gonadossomático.

A regressão múltipla linear na relação dos fatores ambientais sobre os estágios reprodutivos de fêmeas, apresenta efeito positivo da turbidez sobre o estágio de repouso (R^2 : 0.411; F: 13.7; p: 0.001). Sobre o estágio de maturação inicial, apenas a influência da amplitude de maré foi significativa de modo negativo (R^2 : 0.255; F: 6.475; p: 0.001). No estágio de maturação final, na análise isolada de cada variável, temperatura e oxigênio dissolvido influenciaram negativamente, enquanto a precipitação apresentou efeito positivo sobre o estágio (R^2 : 0.206; F: 4.897; p: 0.001). No estágio maduro turbidez, salinidade e precipitação têm efeito negativo sobre a maturação das fêmeas de *U. cordatus*, e oxigênio dissolvido e amplitude de maré efeito positivo (R^2 : 0.356; F: 10.42; p: 0.001). Para o estágio desovado apenas turbidez apresentou efeito (R^2 : 0.229; F: 1.626; p: 0.133) (tabela 4).

Tabela 3: Modelo de regressão múltipla linear baseada na influência das variáveis ambientais sobre os estágios de maturação ovariana de *U. cordatus*.

	Repouso				MI				MF				Maduro				Desovado			
	b*	Std erro	valor t	p	b*	Std erro	valor t	p	b*	Std erro	valor t	p	b*	Std erro	valor t	p	b*	Std erro	valor t	p
Intercept			-0.854	0.394			0.637	0.524			2.797	0.005			-2.142	0.034			-0.854	0.394
temperatura	-0.001	0.081	-0.217	0.828	0.155	0.082	1.876	0.062	-0.287	0.069	-4.119	0.001	0.116	0.096	1.203	0.231	-0.001	0.081	-0.217	0.828
pH	-0.003	0.128	-0.045	0.965	0.124	0.131	0.947	0.345	-0.093	0.111	-0.845	0.399	-0.057	0.153	-0.373	0.709	-0.003	0.128	-0.045	0.965
turbidez	0.0103	0.002	4.180	0.001	-0.001	0.002	-0.57	0.569	0.001	0.002	0.373	0.709	-0.008	0.002	-2.946	0.003	0.010	0.002	4.180	0.001
OD	-0.02	-0.02	-0.977	0.33	-0.009	0.002	-0.44	0.66	-0.065	0.017	-3.707	0.001	0.085	0.024	3.501	0.001	-0.02	-0.02	-0.977	0.33
salinidade	0.014	0.025	0.58	0.563	0.044	0.025	1.731	0.08	0.007	0.021	0.365	0.715	-0.06	0.029	-2.008	0.046	0.014	0.025	0.58	0.563
precipitação	-0.001	0.001	-0.099	0.921	0.001	0.001	1.731	0.08	0.001	0.001	2.205	0.029	-0.001	0.001	-3.816	0.001	-0.001	0.001	-0.099	0.921
AM	0.142	0.103	1.382	0.169	-2.926	1.054	-2.777	0.006	0.406	0.89	0.456	0.649	2.469	1.235	1.999	0.047	0.142	0.103	1.382	0.169

OD= oxigênio dissolvido, AM= amplitude de Maré, MI= maturação inicial, MF= maturação final.

5. Discussão

Fatores abióticos podem apresentar relação importante com ‘bem-estar’, pois interagem com as relações fisiológicas e ecológicas (Mohapatra et al., 2010). No presente trabalho observamos a relação e a variação dos parâmetros ambientais (temperatura, pH, salinidade, precipitação, oxigênio dissolvido, turbidez e amplitude de maré) entre os períodos sazonais com a atividade reprodutiva de *U. cordatus*. As diferenças desses fatores ao longo dos períodos sazonais são fundamentais na influência sobre a reprodução dos organismos (Nishida et al., 1994).

Nos machos não observamos estágios de maturação gonadal, somente diferenças nos túbulos seminíferos quanto a organização e distribuição das células espermatogênicas, com animais de gônadas com muitos espermatozoides e animais de gônadas com células espermatogênicas em multiplicação. Esses resultados estão de acordo com o encontrado por Castilho et al., (2008), que observou gônadas com intensa produção de gametas ao longo ano. Em geral, nos períodos de crescimento os indivíduos apresentam menor produção de gametas e maior investimento em crescimento (Tsuchida & Watanabe, 1997). Contudo pela organização das células espermatogênicas nos túbulos seminíferos sugerimos que *U. cordatus* pode apresentar momentos alternados de reprodução e crescimento.

Nas fêmeas, os ovários apresentaram mudanças de coloração entre os estágios de maturação que variou entre pardo e roxo. De acordo com Charniaux-Cotton (1980), a coloração do ovário é um resultado do armazenamento de vitelogenina que apresenta pigmentos carotenóides. Diversos trabalhos relatam a maturação das gônadas e o estabelecimento do período reprodutivo da espécie em diferentes condições ambientais ao longo do litoral brasileiro (Castilho-Westphal et al., 2012; Amaral et al., 2014; Castiglioni et al., 2011). No presente estudo *U. cordatus* apresenta cinco estágios de maturação ovariana que se alternam ao longo do período sazonal, onde o pico de atividade reprodutiva se concentra nos períodos de aumento da precipitação, com a presença do estágio maduro e desovado entre os meses de novembro e abril. Esse dado é importante porque estabelece uma nova realidade de reprodução do animal onde a espécie reproduz fora do período estabelecido por lei e a captura nesses períodos podem comprometer os esforços de proteção do caranguejo-uçá.

Fatores ambientais que oscilam entre os períodos podem ser considerados como gatilhos ou inibidores para a reprodução dos crustáceos (Van de Kerk et al., 2018), como exemplo o gradiente salino dos estuários que desencadeia a maturação gonadal de caranguejos do gênero

Eriocheir sp. (Long et al., 2017) e os ciclos lunares que interferem nas marés e podem regular o comportamento de cópula e posterior desova em caranguejos, principalmente os terrestres e semiterrestres como é o caso de *U. cordatus* (Morgan, 1996).

O fator de condição é fortemente influenciado por fatores ambientais, atividade reprodutiva, taxa de alimentação e crescimento e pode variar entre as períodos sazonais e populações (LeCren, 1951; Vazzoler, 1996; Froese, 2006; Pinheiro & Fiscarelli, 2009). Os períodos de maior custo energético para os caranguejos são concentrados na época reprodutiva e ecdise (muda de exoesqueleto) (Hartnoll, 1978; Pinheiro & Fiscarelli, 2001). Em machos de *U. cordatus* o fator de condição mais baixo foi na estação seca-chuvosa, quando há início da atividade reprodutiva. No início da estação seca e seca-chuvosa a queda do fator de condição dos caranguejos está possivelmente relacionada ao processo de muda, em que os animais bloqueiam a entrada das tocas e interrompem a alimentação para a preparação do processo de ecdise, que se reflete na baixa do IHS nesses períodos (Pinheiro & Fiscarelli, 2009). Em nosso estudo acreditamos que as oscilações de IGS entre os períodos estão associados a maior atividade reprodutiva, similar ao estudo de López-Greco & Rodríguez (1999) que atribuiu ao fato, o comportamento de cópula da espécie.

Nas fêmeas o fator de condição não apresentou diferenças na relação entre os períodos sazonais e as variáveis ambientais. Contrariamente aos estudos de Pinheiro & Fiscarelli (2009) que notaram diferenças do fator de condição de fêmeas de *U. cordatus* entre os períodos sazonais. E de acordo com López-Greco & Rodríguez (1999) esse parâmetro em fêmeas de crustáceos está intimamente ligado ao processo de maturação das gônadas e ao período de muda de carapaça. No presente trabalho não registramos tais oscilações, e sugerimos que as fêmeas sexualmente maduras com estágios de maturação bem definidos tenham menor investimento em muda de carapaça, que é um processo de mais alto custo energético, e se reflete em fatores de condição com poucas oscilações, e portanto o crescimento somático é reduzido em detrimento da reprodução (Ferkau & Fischer, 2006). Ainda foi observado a alteração do IHS e IGS de fêmeas ao longo do ano com diferenças entre os períodos sazonais que coincidem com a maturação ovariana. De acordo com Haefner & Spaargaren (1993), fêmeas de crustáceos podem exibir incremento no volume/peso do hepatopâncreas, uma glândula responsável pelo estoque e transporte de reservas enérgicas para os ovários durante a vitelogenese. Sabendo que o aumento de peso da gônada está relacionado a produção de vitelo para o desenvolvimento do oócito (Barreto et al., 2008), ressaltamos a íntima relação desses órgãos (hepatopâncreas e ovário) com a reprodução da espécie.

No entanto, a reprodução dos organismos pode estar de acordo com os ambientes em que eles estão inseridos, que podem ser influenciadas por variáveis de escalas regionais e locais (Young et al., 2018). Em se tratando da região do Marajó as variáveis ambientais podem proporcionar melhores condições de ganho energético e influenciar na reprodução que se reflete na produção de gametas em determinadas épocas do ano. De acordo com Sastry (1983), a reprodução sazonal das espécies é caracterizada pela restrição da atividade reprodutiva a alguns meses do ano e em *U. cordatus* registramos picos de atividade nos meses chuvosos. A interação das variáveis ambientais sobre a maturação gonadal de *U. cordatus* no estuário estudado mostra que os estágios maduro e desovado estiveram presentes nos períodos de crescente precipitação e amplitude de maré (menor salinidade), coincidindo com o final do período seco e seco-chuvoso. A reprodução da espécie é relatada como sazonal (Diele, 2000), registrada nos meses de maior precipitação onde ocorrem as atividades de ‘andada’, comportamento em que os caranguejos saem de suas galerias e andam livremente sobre o substrato dos manguezais, que variam em períodos mais curtos como relatado para o sul do Brasil, entre dezembro e janeiro (Wunderlich et al., 2008). Segundo Sastry (1983) o ciclo reprodutivo dos Brachyuros (caranguejos e sirís) são inversamente proporcionais a latitude, e tendendo a ser mais longos em regiões próximas a zona equatorial.

Os modelos de PCA e regressão múltipla nos machos mostram as relações e variações das características reprodutivas de *U. cordatus* (fator de condição, IHS e IGS) nos períodos. E a partir desses dados, identificamos os períodos seco e seco-chuvoso como momento crítico para maior atividade da reprodução nos machos, em virtude da forte influência da salinidade no IGS, da amplitude de maré e precipitação sobre o fator de condição e do oxigênio dissolvido sobre IHS. Há relato que as diferenças nas características reprodutivas nos machos se refletem no gasto energético por exibirem um comportamento de guarda, fornecendo proteção para fêmea após a cópula ou em processo de pós-muda (Pinheiro & Fransozo, 1999). Acreditamos que o início de reprodução ocorra nesse período para estímulo e proteção às fêmeas.

Nas fêmeas a PCA e a regressão múltipla revelaram que a maturação das gônadas é sazonal, onde se destaca o período seco-chuvoso e chuvoso, no qual o conjunto de variáveis (oxigênio dissolvido, precipitação, salinidade, amplitude de maré e turbidez) foram importantes para a reprodução do animal. Em outros invertebrados estuarinos a baixa salinidade e alta precipitação ocasionam condições mais favoráveis a maturação das gônadas e posterior desova (Paixão et al., 2013). A ocorrência de maior atividade reprodutiva de fêmeas com o aumento da amplitude de maré e da precipitação é atribuída a maior oxigenação da água e disponibilidade

de recursos, além de proporcionar maior dispersão que as fases larvais que podem alcançar em áreas costeiras (Diele, 2000; Dittmar & Lara, 2001; Anger, 2003). Esses resultados auxiliam na compreensão da ecologia reprodutiva da espécie e seu comportamento em ambientes tropicais oligohalinos.

Vale ressaltar que a área de estudo está localizada em uma região tropical com forte influência da zona de convergência intertropical. Segundo De Souza et al., (2004) a zona de convergência intertropical é responsável pela alta precipitação no período chuvoso e baixa no período seco e se reflete na salinidade baixa nos períodos chuvosos, com valores muito próximos a zero e sua elevação no período seco. Essas características são importantes para estabelecer o modelo reprodutivo do *U. cordatus* em uma área onde as condições ambientais preservadas são influenciadoras da reprodução da espécie.

6. Conclusão

O fato de observarmos nesse estudo animais em desova em períodos mais longos que os estabelecidos por lei na RESEX Marinha de Soure, sugerem propostas de ajustes legais na adequação do período de defeso que deve abranger de novembro a abril. Nossos resultados mostram que a reprodução de caranguejos-uçá está em sincronia com fatores abióticos analisados. Registramos que as associações dos fatores contribuem para o ciclo reprodutivo. Assim os resultados desse trabalho subsidiam um modelo reprodutivo de *U. cordatus* em uma área de manguezal sem ação antrópica que sofre influência da zona de convergência intertropical.

7. Referências

ANGER, K. (2003). Salinity as a key parameter in the larval biology of decapod crustaceans, **Invertebrate Reproduction & Development**, 43:1, 29-45. doi.org/10.1080/07924259.2003.9652520.

AMARAL, K.D.S.; VIEIRA, I. M.; OSÓRIO, F. M.; ROCHA, J. D. M.; LIMA, J. F. (2014). Bioecology of the crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda) in mangroves influenced by the Amazon River, Brazil. **Acta Amazonica**. VOL. 44(2) 2014: 213 – 222.

ARAÚJO JR., J.M.C., OTERO, X.L., MARQUES, A.G.B., NÓBREGA, G.N., SILVA, J.R.F., FERREIRA, T.O., (2012). Selective geochemistry of iron in mangrove soils in a semiarid tropical climate: effects of the burrowing activity of the crabs *Ucides cordatus* and *Uca maracoani*. **Geo-marine letters** 32, 289–300.

BARRETO, A. V.; SILVA, J.R.F; KATSURAGAWA, M. e RAPOSO, M.C.F., (2008). Desenvolvimento dos ovários da lagosta *Panulirus echinatus* (Crustacea: Palinuridae) baseados nas análises macroscópica, microscópica e relação gonadossomática (RGS) - **Revista Brasileira de Zoologia**. 25 (4): 689–695.

BARTHEM, R. B.; SCHWASSMANN, H. O. (1994). Amazon river influence on the seasonal displacement of the Salt Wedge in the Tocantins River Estuary, Brazil, 1983-1985. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Zoologia, Belém, v. 10, n. 1, p. 19-130.

BEZERRA L. E. A E MATTHEWS-CASCON H. (2007). População e biologia reprodutiva do caranguejo violão *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea: Ocypodidae) em um mangue tropical do Nordeste do Brasil. **Acta Oecologia** 31: 251-258.

BOEGER, W. A. et al. (2005). Lethargic crab disease: multidisciplinary evidence supports a mycotic etiology. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 100, n. 2, p. 161-167.

BRIGHT, D. B.; HOGUE, C. L. (1972). A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their arthropod symbionts and burrow associates, **Los Angeles – USA: Natural History Museum**, n° 220.

CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; JESUS, A. J S. (2015). Effect of seasonal flooding cycle on litterfall production in alluvial rainforest on the middle Xingu River (Amazon basin,

Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. vol.75 no.3 supl.1 <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00514BM> .

CASTIGLIONI, D. S.; SILVA, J. V. C. L.; AZEVEDO, D. S. (2011). Relative growth and its use to determine the morphological sexual maturity of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda, Brachyura, Ucididae) from two mangrove areas on the northeastern Brazilian coast. **Crustaceana** 84 (10): 1221-1241. doi:10.1163/001121611X590139.

CASTIGLIONI, D. S., P. A. COELHO. OLIVEIRA, P. J. A. (2013). Population biology of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae) from two tropical mangroves sites in northeast coast of Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 8(2):89-103.

CASTILHO, G. G., OSTRENSKY, A., PIE, M. R. AND BOEGER, W. A. (2007). Morphology of the male reproductive system of the mangrove land crab *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) —**Acta Zoologica (Stockholm)** 88: 157–161.

CASTILHO-WESTPHAL, G. G., OSTRENSKY, A., PIE, M. R. AND BOEGER, W. A. (2012). Morphology of the female reproductive system and reproductive cycle of the mangrove land crab *Ucides cordatus* (L.) in the Baía de Antonina, Parana, Brazil. **Acta Zoologica (Stockholm)** 94: 86–93.

CHARLES L. MCKENNEY JR. (1996). The combined effects of salinity and temperature on various aspects of the reproductive biology of the estuarine mysid, *Mysidopsis bahia*. **Invertebrate Reproduction and Development**. V. 29, p. 9-18.

CHARNIAUX-COTTON, H. (1980). Experimental studies of reproduction in Malacostraca crustaceans. In: CLARK, W. H. & ADAMS, T. S. eds. Description of vitellogenesis and of its endocrine control in Adv. **Invertebrate Reproduction & Development**. North Holland, Elsevier. p.177-185.

CHRISTOFOLETTI, R.A.; HATTORI, G.Y. & PINHEIRO, M.A.A. (2013). Food selection by a mangrove crab: temporal changes in fasted animals. **Hydrobiologia**, 702: 63-72.

CLIMATE DATE, (2018). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/43976/>

COSTA, K. G. *et al.* (2013). Tidal-Induced Changes in the Zooplankton Community of an Amazon Estuary', **Journal of Coastal Research**, 289(4), pp. 756–765. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-11-00166.1.

DALABONA, G., SILVA, J. L., PINHEIRO, M. A. A., (2005). Size at morphological maturity of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae) in the Laranjeiras Bay, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. p. 139-145.

DE SOUZA, E.B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. (2004). The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113–122.

DHN – DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. (2004). Tábuas de marés para 1994. Costa do Brasil e alguns portos estrangeiros. **DHN**, Rio de Janeiro, 1–6.

DIELE, K. (2000). Life history and population structure of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil. **Bremen, Center for Tropical Marine Ecology**, Contribution 9, ZMT Bremen, 103p.

DIELE, K; KOCK, V. (2010). Growth and mortality of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in N-Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 395. 171–180.

DITTMAR, T., AND R. J. LARA. (2001). Do mangroves rather than rivers provide nutrients to coastal environments south of the Amazon River? Evidence from long-term flux measurements, **Marine Ecology. Progress Series**, 213, 67–77.

DUARTE, L. F. DE A., SOUZA, C. A. DE, NOBRE, C. R., PEREIRA, C. D. S., & PINHEIRO, M. A. A. (2016). Multi-level biological responses in *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae) as indicators of conservation status in mangrove areas from the western atlantic. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 133, 176–187. doi:10.1016/j.ecoenv.2016.07.018

FERKAU, C. AND FISCHER, K. (2006). Costs of Reproduction in Male *Bicyclus anynana* and *Pieris napi* Butterflies: Effects of Mating History and Food Limitation. **Ethology**, 112: 1117-1127.

FROESE, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**, 22: 241-253.

GLASER M AND DIELE K. (2004). Asymmetric outcomes: Assessing central aspect of biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecology Economics** 49: 361-373.

GRANT, A. & TYLER, P. A. (1983). The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. **International Journal of Invertebrate Reproduction** 6:259-269.

HAEFNER P. A. & SPAARGAREN D. H. (1993). Interactions of ovary and hepatopancreas during the reproductive cycle of *Crangon crangon* (L.). I Weight and volume relationships. **Journal of Crustacean Biology**, 13 (3): 523-531.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 9pp.

HARTNOLL, R. G. (1978). THE DETERMINATION OF RELATIVE GROWTH IN CRUSTACEA. **Crustaceana** 34 (3).

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Portaria IBAMA Nº 34/03-N, de 24 de junho de 2003. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2005/p_ibama_38_2005_pi_defeso_caranguejo_uca_2006_pi.pdf

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS) (2007). **Estatística da Pesca** - Brasil. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília, 2007.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). (2009). **Estatística da Pesca** - Brasil. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília.

LECREN, E.D. (1951). The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**, 20(2): 201-219.

LIGAS, A., P. SARTOR, AND F. COLLOCA. (2011). Trends in population dynamics and fishery of *Parapenaeus longirostris* and *Nephrops norvegicus* in the Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean): the relative importance of fishery and environmental variables. **Marine Ecology** 32: 25–35.

LONG X, WU X, ZHAO L, YE H, CHENG Y, ZENG C. (2017). Effects of salinity on gonadal development, osmoregulation and metabolism of adult male Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. **PLoS ONE** 12(6): e0179036.

LÓPEZ-GRECO, L. S.; RODRÍGUEZ, E. M.; (1999). Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). **Cah. Biol. Mar.** Vol 40 :155-164.

MAGALHÃES, A., PEREIRA, L. C. C. AND DA COSTA, R. M. (2015). Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil)', **Helgoland Marine Research**, 69(1), pp. 123–136. doi: 10.1007/s10152-014-0421-4.

MELO, G. A. S. (1996). Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do Litoral Brasileiro, **1st ed. São Paulo, Plêiade/FAPESP**.

MENESES, M.P.M., BERGER, U., MEHLIG, U., (2008). Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta Amazonica** 38, 403-420.

MOHAPATRA, A.; MOHANTY, R.K.; MOHANTY S.K. AND DEY S.K. (2010). Carapace width and weight relationships, condition factor, relative condition factor and gonadosomatic index (GSI) of mud crabs (*Scylla* spp.) from Chilika Lagoon, India. **Indian Journal of Marine Science**, 39(1): 120-127.

MORGAN, S.G. (1996). Influence of tidal variation on reproductive timing. **Journal Experimental Marine Biology and Ecology** 206: 237-251.

MORI, G.M.; ZUCCHI, M.I.; SAMPAIO, I. & SOUZA, A.P. (2010). Microsatellites for the mangrove tree *Avicennia germinans* (Acanthaceae): Tools for hybridization and mating system studies. **American Journal of Botany**, 97: e79–e81. doi:10.3732/ajb.1000219.

MOTA, G.V., KUHN, P. A.F., SOUZA, P.F.S., VITORINO, M.I., (2009). Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia** 24, 111–124. doi:10.1590/S0102-77862009000200001.

MOTA-ALVES, M. I. (1975). Sobre a reprodução do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus), em mangues do Estado do Ceará (Brasil). – **Arquivos de Ciências do Mar**, Ceará-BR 15: 85–91.

NISHIDA, A. K.; NORDI, N.; ALVES, R. R. N. (2006). The lunar-tide cycle viewed by crustacean and mollusc gatherers in the State of Paraíba, Northeast Brazil and their influence in collection attitudes. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.2, p. 1-12,

NORDHAUS I AND WOLFF M. (2007). Feeding ecology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Ocypodidae): food choice, food quality and assimilation efficiency. **Marine Biology** 151: 1665-1681.

NORDHAUS, I.; M. WOLFF & K. DIELE. (2006). Litter processing and population food intake of the mangrove crab *Ucides cordatus* in a high intertidal forest in northern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 67: 239-250.

PAIXÃO, L., FERREIRA, M.A., NUNES, Z., FONSECA-SIZO, F., ROCHA, R., (2013). Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): implications for the collection of broodstock oysters. **Aquaculture** 380–383, 6–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.11.019>.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., AND MCMAHON, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrology Earth Syst. Sci.**, 11, 1633-1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>.

PINHEIRO M.A.A., FISCARELLI A.G., HATTORI G.Y., (2005). Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). **Journal of Crustaceans Biology** 25, 293-301.

PINHEIRO, M. A. A. AND FISCARELLI, A. G. (2001). Manual de apoio à fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*). **Itajaí: CEPSUL/IBAMA**, 60p.

PINHEIRO, M. A. AND FISCARELLI, A. G. (2009). Length-weight relationship and condition factor of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 52(2), pp. 397–406. doi: 10.1590/S1516-89132009000200017.

PINHEIRO, M.A.A AND FRANSOZO, A. (1999). Reproduction of the speckled swimming *Arenaeus cribrarius* (Brachyura: Portunidae) on the Brazilian coast near 23°30'S.

Journal of Crustacean Biology, 22(2): 416-428.

PRIMO, A.L.; AZEITEIRO, U.M.; MARQUES, S.C.; MARTINHO, F., AND PARDAL, M.A., (2009). Changes in zooplankton diversity and distribution pattern under varying precipitation regimes in a southern temperate estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 82, 341– 347.

PROPHET EB, MILLS B, ARRINGTON JB, SOBIN LH, editors, (1992). Laboratory methods in histotechnology. **Armed Forces Institute of Pathology**. Washington (DC): American Registry of Pathology.

R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SANT'ANNA B. S., BORGES R. P, HATTORI G. Y., PINHEIRO M. A. A. (2014). Reproduction and management of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Brachyura, Ucididae) at Iguape, São Paulo, Brazil. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, 86 (3).

SANTOS, L. C. M.; PINHEIRO, M. A. A.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; BITENCOURT, M. D. (2016). Population status and fishery potential of the mangrove crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) in North Eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. p. 1-11.

SASTRY, A. (1983). Ecological aspects of reproduction. p. 179-269. In: Vernberg, F. & Vernberg, W.B. (eds), **The biology of Crustacea. Environmental adaptations**, Vol. 8. New York, Academic Press.

SCHAEFFER- NOVELLI, Y. (1995). Manguezal: Ecosistema entre a Terra e o Mar. São Paulo: **Caribbean Ecological Research**.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. SORIANO-SIERRA, E. J, VALE, C. C., BERNINI, E., ROVAI, A. S., PINHEIRO, M. A. A., SCHMIDT, A. J., ALMEIDA, R., JÚNIOR, C. C., MENGhini, R. P., MARTINEZ, D. I., CUNHA-LIGNON, M., SHIRAZAWA-FREITAS, J., CINTRÓN-MOLERO G., (2016). Climate changes in mangrove forests and salt marshes. **Brazilian journal oceanographic [online]**. vol.64, n.spe2, pp.37-52. ISSN 1982-436X.

SPALDING, M.; KAINUMA, M. & COLLINS, L. (2010). World Atlas of Mangroves.

Earthcan, 319p.

TSUCHIDA S. & WATANABE S. (1997). Growth and reproduction of the grapsid crab *Plagusia dentipes* (Decapoda: Brachyura). **Journal of Crustacean Biology**, 17 (1): 90-97.

WOLF, M; V. KOCH e V. ISAAC. (2000). Um modelo de fluxo trófico do estuário do manguezal de Caeté (norte do Brasil) com considerações para o uso sustentável de seus recursos. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 50: 789-803. doi: 10.1016 / j.ecss.2004.05.003.

WUNDERLICH, A.C.; PINHEIRO, M.A.A.; RODRIGUES, A.MT.,. (2008). Biologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Crustacea: Decapoda: Brachyura), na Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 25 (2): 188–198.

VAN DE KERK M, JONES LITTLES C, SAUCEDO O, LORENZEN K (2016). The Effect of Latitudinal Variation on Shrimp Reproductive Strategies. **PLoS ONE** 11(5): e0155266. doi:10.1371/journal.pone.0155266.

VAZZOLER, A. E. A. DE M. (1996). Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. **Maringá: EDUEM**, 169p.

YOUNG, C. L. S. JOHNSON, I. M.; GRAY. D. D.; OCHWADA-DOYLE, C. A.; FAITH A.; (2018). Don't Blame It on the Moonlight: Abiotic Drivers of Reproductive Development in an Estuarine-Dependent Prawn. **Estuaries and Coasts** 41:444–452 DOI 10.1007/s12237-017-0284-4.