

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

*Biologia reprodutiva em espécies do
gênero Uca (Crustacea, Brachyura,
Ocypodidae) em manguezais tropicais*

Aline Staskowian Benetti

Orientadora: **Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Negreiros Fransozo**



Tese de Doutorado

**BOTUCATU
2007**

Universidade Estadual Paulista

Instituto de Biociências

Pós-Graduação em Ciências Biológicas

Área de Concentração: Zoologia

Aline Staskowian Benetti

**Biologia Reprodutiva em Espécies do Gênero Uca
(Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em manguezais
tropicais**

Orientadora: **Profa. Dra. Maria Lucia Negreiros-Fransozo**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), “Campus” de Botucatu, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de Concentração: Zoologia

Botucatu

- 2007 -

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Benetti, Aline Staskowian.

Biologia reprodutiva em espécies do gênero *Uca* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em manguezais tropicais / Aline Staskowian Benetti. – 2007.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu 2007.

Orientadora: Maria Lúcia Negreiros Fransozo

Assunto CAPES: 20100005

1. Caranguejo - População 2. Caranguejo - Reprodução 3. Filogenia

CDD 595.3842

Palavras-chave: Comportamento reprodutivo; Crustacea; Ultraestrutura espermática

Agradecimientos

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de esclarecer que a ordem em que os agradecimentos estão apresentados não tem a menor importância, uma vez que todos aqui citados foram extremamente importantes para a minha formação profissional, tanto no mestrado quando no doutorado.

À prof^a. Dra. Maria Lucia Negreiros Fransozo, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado nestes 6 anos, pelo exemplo que sempre foi para mim, pelo incentivo, apoio, amizade e carinho dispensado à todos os seus alunos. Lucia, você é uma pessoa especial. Do fundo do meu coração, MUITO OBRIGADA por tudo!!!

Ao prof. Dr. Adilson Fransozo, pelo incentivo, oportunidades e pelos conselhos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq, pelas bolsas de mestrado e doutorado concedidas.

À FAPESP, pelos financiamentos concedidos que disponibilizaram os equipamentos laboratoriais e veículos utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

À coordenação do curso de pós-graduação em Ciências Biológicas e ao departamento de Zoologia, por toda a infraestrutura oferecida e pelo bom atendimento sempre dispensado.

Aos profs. Drs. Maria Lucia Negreiros Fransozo e Adilson Fransozo, por disponibilizarem sua casa em Ubatuba para nossas coletas.

Aos funcionários do departamento de Zoologia: Juliana, Sr. Pisani, Flávio e Hamilton por todos os auxílios prestados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e funcionários da pós-graduação: Sérgio, Luciene e Maria Helena, pela amizade e por estarem sempre dispostos a nos atender.

À prof^a Elisa Aparecida Gregório e aos técnicos do Centro de Microscopia Eletrônica da UNESP – Botucatu (Nivalde, Maria Helena e Claudete). Obrigada por disponibilizarem a estrutura e o conhecimento de vocês, pelo carinho e pela paciência durante os estudos de microscopia eletrônica.

À profa. Dra. Daniela Carvalho dos Santos, uma grande amiga, que tive a sorte de encontrar em meu caminho, por estar sempre me incentivando, ouvindo, aconselhando e ter depositado confiança para trabalharmos juntas. Dani, você realmente é meu anjinho da guarda! Muito obrigada!

Aos. Drs. Rogério Costa (Cebola), Valter Cobo, Tânia M. Costa e Giovana Bertini, por todos os bons momentos, momentos de desabafos e por estarem sempre incentivando a olhar o futuro.

Aos amigos dos laboratórios do NEBECC de Botucatu: Adriane Braga (Dri), Antonio Castilho (Tony) Bruna Talmelli (Bru), Bruno Pralon (Pessoa), Gustavo Hirose (Japa), Patrícia Hoffmann (Pitot), Rafael Gregati (Xuxa), Rosana Cardoso, Katia (Gardy), Ricardo Bueno (Násia), Anelita Gallo (Eclusa), Patrícia (Jorjão), Sabrina, Matheus, Grazi e Michele. E também, aos amigos que passaram por aqui e deixaram lembranças: Fernanda, Karine, Rafael (Gab), Patrícia Fumis, Fúlvio, Stellinha, Guto, Allysson, Dani, Ursula, William e Fabiano.

Ao Ricardo Bueno, Marila Martinez, e Márcio C. Ribeiro pelo auxílio na contagem dos ovos nas análises de fecundidade.

Aos amigos que conheci em Botucatu e por quem sempre terei um enorme carinho: Fernanda Guimarães, Jorjão, William, Denise, Dani, Xande Godoy, Hamilton, Arielle, Fernando (Mala), Cebola, Fernanda, Gilmar, Jordana, Tais e Nubia Teixeira, Julicana, Lessandra, Natália, Jana (Cosme), Ludy, Beiço, Fatinha e aos “Kissasseiros” ou “Bonde-da-pós”: João Paulo, Márcio, Helan, José Pedro (Podé), Paulinho, Domingos (Neto), Bruno Caetano, Bruno Castilho, Augusto Zanatta, Fábio, Dani (Trafí), Ricardo (Aranha), Melissa e Keko: obrigada por todos os momentos maravilhosos que passamos juntos. Sempre terei comigo as lembranças, as histórias para contar, os momentos de reflexão e, principalmente, os momentos de distração. Adoro todos vocês!!!

Às pessoas mais que especiais e que sempre estiveram presentes nos momentos mais difíceis destes 6 anos, Adriane, Bruna, Caroline, Daniela, Elaine, Erminho, Núbia e Tais. Não sei nem como agradecer por tudo que vocês fizeram por mim. Por todos os momentos que vocês deixaram suas coisas de lado para ouvir minhas “chorumelas”, por suportarem minha ausência e meus momentos de mau humor, enfim... tanta coisa para agradecer!!! Saibam que agradeço à Deus por colocarem vocês em meu caminho... mesmo distantes, vocês sempre estarão guardados com todo o carinho do mundo dentro do meu coração.

Aos colegas de laboratório e da maioria das coletas: Xuxa, Japa, Pessoa, Ricardo, por tornarem os momentos embarcados tão divertidos e sempre com alguma história nova para contar.

Às minhas amigas “do Sul”, Simone, Karine e, em especial, à Milena e Fernanda, por tornarem minhas “férias” tão agradáveis e por sempre facilitarem a vida do meu pai... obrigada!

Ao meu namorado Gustavo que, apesar de tão pouco tempo juntos, tem sido tão paciente e compreensivo. Obrigada por tudo que temos vivido juntos.

Ao prof. Flávio Roberto Mello Garcia, por ter sido um exemplo e por ter me incentivado durante toda a iniciação científica.

À toda minha família e, em especial, à minha prima Luana e meus pais. Obrigada por tudo que vocês significam para mim. Sem vocês, seria tudo tão difícil...

Enfim, à Deus, pela oportunidade e por ter colocado todas essas pessoas em meu caminho. Por ter me dado saúde, paciência, proteção e força para seguir em frente.

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu pai Dirceu.

Pai, sei o quanto foi difícil esse período que ficamos distantes em um momento tão difícil de sua vida... a cada dia que se passou, você sempre esteve em meus pensamentos e meu coração... Amo você!! Obrigada por compreender minha ausência...

Sumário

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Considerações iniciais..... | 1 |
| Referências..... | 17 |
| | |
| Capítulo I: Maturidade sexual fisiológica em três espécies do gênero <i>Uca</i> (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) provenientes de manguezais tropicais..... | 23 |
| ✿ Resumo | 24 |
| ✿ Introdução | 26 |
| ✿ Objetivos..... | 29 |
| ✿ Material e Métodos | 31 |
| ✿ Resultados..... | 34 |
| ✿ Discussão | 38 |
| ✿ Referências..... | 44 |
| | |
| Capítulo II: Período reprodutivo em três espécies do gênero <i>Uca</i> (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em manguezais tropicais..... | 49 |
| ✿ Resumo | 50 |
| ✿ Introdução | 52 |
| ✿ Objetivos..... | 56 |
| ✿ Material e Métodos | 58 |
| ✿ Resultados..... | 61 |
| ✿ Discussão | 70 |
| ✿ Referências..... | 75 |

Sumário

Capítulo III: **Produção e incubação dos ovos em três espécies do gênero *Uca* (Crustacea,**

Brachyura, Ocypodidae) provenientes de manguezais tropicais.....81

| | |
|----------------------------|-----|
| ✿ Resumo | 82 |
| ✿ Introdução | 84 |
| ✿ Objetivos..... | 88 |
| ✿ Material e Métodos | 90 |
| ✿ Resultados | 94 |
| ✿ Discussão | 102 |
| ✿ Referências..... | 108 |

Capítulo IV: **Morfologia dos espermatozóides de três espécies do gênero *Uca* (Crustacea,**

Brachyura, Ocypodidae): estudo ultraestrutural113

| | |
|----------------------------|-----|
| ✿ Resumo | 114 |
| ✿ Introdução | 116 |
| ✿ Objetivos..... | 119 |
| ✿ Material e Métodos | 121 |
| ✿ Resultados | 125 |
| ✿ Discussão | 135 |
| ✿ Referências..... | 140 |

| | |
|----------------------------|-----|
| Considerações finais | 144 |
|----------------------------|-----|

Considerações iniciais

O ambiente estuarino e manguezais

Os estuários representam áreas onde a água doce, proveniente da drenagem continental, encontra e mistura-se com a água salgada dos mares, constituindo um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (Robertson, 1991).

O ambiente estuarino é habitado por diversos animais, em toda sua extensão, desde formas microscópicas até grandes peixes, aves, répteis e mamíferos. Alguns desses organismos, nem sempre exclusivos de estuários, ocupam o sedimento ou a água, outros, as raízes e os troncos, chegando até a copa das árvores. Essa fauna tem procedência a partir dos ambientes marinhos, terrestre e água doce, podendo permanecer nos manguezais por toda sua vida como residentes, ou, apenas parte dela, na condição de semi-residentes, visitantes regulares ou oportunistas (Leitão, 1995).

De acordo com Schaeffer-Novelli (1995), os manguezais podem ser definidos como ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés. Esses ambientes são constituídos por espécies vegetais lenhosas típicas, além de micro e macroalgas, adaptadas às flutuações de salinidade e sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio.

Mais de um terço da costa brasileira, o que corresponde a uma área de aproximadamente 10.000Km^2 , é coberta na zona entre-marés, nos estuários e deltas dos rios, por uma estreita faixa de florestas de manguezal, enquanto que, em todo o mundo existem cerca de 162.000Km^2 desse ecossistema (Dov Por, 1994; Yokoya, 1995). De acordo com Herz (1991), no Estado de São Paulo, os manguezais cobrem aproximadamente 2.400Km^2 , o que representa cerca de 24% da distribuição desses ambientes no Brasil.

Esse tipo de floresta de orla marítima apresenta seu maior grau de desenvolvimento na faixa compreendida entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. No Brasil, é encontrado em quase todo litoral, margeando estuários, lagoas e enseadas, desde o Estado

do Amapá até a cidade de Laguna, em Santa Catarina, local que representa o limite inferior desse ecossistema no Atlântico Sul Ocidental (Yokoya, 1995).

Para a formação de um ecossistema de manguezal, a região deve manter algumas características ambientais próprias, como temperaturas médias acima dos 20°C e médias das temperaturas anuais mínimas não inferiores a 15°C, amplitude térmica anual menor que 5°C e precipitação pluvial acima de 1500 mm/ano. Nas regiões norte e nordeste do Brasil concentram-se cerca de 85% dos manguezais do país (Herz, 1991); enquanto que, na região sudeste, os manguezais correspondem a 5 % do total dos manguezais encontrados no país (Lacerda, 1999).

A formação vegetal nos manguezais é basicamente constituída por três gêneros: *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*, além de elementos não típicos como *Conocarpus*, *Hibiscus* e *Acrostichum* (Aveline, 1980; Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1990). Estas espécies vegetais se aplicam ao conjunto de plantas vasculares tipicamente halófitas, que apresentam mecanismos morfológicos e fisiológicos específicos para viverem em ambientes salobros e alagadiços (Aveline, 1980; Schaeffer-Novelli, 1990).

A importância econômica dos manguezais deve-se à exploração da madeira, que apresenta durabilidade e resistência, e à extração de taninos, para o curtume de couro e fabricação de painéis. Parte de sua fauna aquática também apresenta grande aceitação no comércio alimentício, sendo efetuadas pescas artesanais e comerciais e, também, sua utilização como iscas para a pescaria.

A maior parte da fauna de manguezais provém do ambiente marinho, representados especialmente por uma grande quantidade de moluscos, crustáceos e peixes, além de outros grupos. Entre os crustáceos, caranguejos e siris são organismos mais característicos, sendo observados ocupando raízes, troncos, fendas e galhos das árvores, cavando galerias no sedimento, ou mesmo nadando, de acordo com o movimento das marés (Leitão, 1995).

Numa investigação da fauna dos manguezais brasileiros, realizada por Lacerda (1990), a autora registrou 363 espécies de animais (excluindo mamíferos e insetos), onde 51 delas são crustáceos associados, na maioria, ao sedimento e terrenos lodosos.

Áreas de estudo

Os locais escolhidos para o presente estudo foram: praia lodosa de Jabaquara (23°12'10,0"S e 44°43'14,1"W) (figura 1); manguezal do Rio Ubatumirim (23°20'17,8"S e 44°53'2,2"W) (figura 2) e manguezal do rio Cavalão (23°24'43"S e 45°00'73"W) (figura 3).

A praia lodosa de Jabaquara está localizada na cidade de Paraty, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, e está adjacente ao manguezal do rio Jabaquara, distando cerca de 2 km do centro histórico da cidade. Em alguns pontos do manguezal, podemos encontrar perturbações ocasionadas pela presença humana, como construções dentro da área de preservação permanente, ocasionando a liberação de esgoto na área. Pode-se constatar, ainda, a presença de uma ponte sobre o rio, a qual dá acesso à rodovia Rio-Santos. Além disso, há relatos da comunidade ribeirinha sobre aterros em algumas partes do manguezal, com fins imobiliários. Na área de coleta, não há vegetação, apenas alguns galhos apodrecidos e esta área é constituída, principalmente por silte e argila, o que lhe dá consistência lodosa (Hirose, 2005), e uma alta porcentagem de matéria orgânica (ver capítulo 2).

A praia de Jabaquara sofre ação direta das marés, e é delimitada, em alguns pontos, por uma mudança brusca no tipo de sedimento, evidenciada por um forte contraste entre a lama e uma estreita faixa de areia grossa (figura 4), que também delimita o limite da maré. Neste local, há presença marcante de espécies animais, onde se destacam moluscos e

crustáceos, representados, principalmente por caranguejos da família Portunidae e Ocypodidae. Exemplares da espécie *Uca maracoani* (figura 5), um dos alvos do presente estudo, foi coletada nessa área.

O manguezal do rio Ubatumirim está localizado na cidade de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo, distando cerca de 45 km do centro da cidade. O bosque desta área é composto pelas espécies *Laguncularia racemosa*, *Hibiscus sp.* e *Avicenia shaueriana*. De acordo com Negreiros-Fransozo *et al.* (2000), as árvores que compõe esse manguezal apresentam uma densidade de 6250 árvores/ha, com altura média de 10,6 metros. Este manguezal apresenta menor taxa de matéria orgânica, quando comparado com Jabaquara e Castiglioni (2003) relatou que o sedimento nesse manguezal é composto basicamente por areia muito fina. Neste manguezal, obtivemos os exemplares da espécie *Uca thayeri* (figura 6).

O manguezal do rio Cavalo também está localizado na cidade de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo, porém, mais próximo do centro da cidade, cerca de 12 km. Este manguezal é adjacente à praia de Itamambuca, onde também podemos encontrar perturbações ocasionadas pela presença humana, como construções de casas e pousadas, ocorrendo a liberação de esgoto na área. De acordo com Colpo & Negreiros-Fransozo (2003), o bosque desse manguezal é composto basicamente por *L. racemosa* e a densidade dessa espécie vegetal atinge 1250 árvores/ha, com altura média de 4,8 m. O substrato é composto predominantemente por areia fina (Colpo, 2001) e nessa área, foram obtidos exemplares da espécie *U. vocator* (Figura 7).



Figura 1: Praia lodosa de Jabaquara, em Paraty, RJ. Local de coleta de *Uca maracoani*.



Figura 2: Manguezal do Rio Ubatumirim, em Ubatuba, SP. Local de coleta de *Uca thayeri*.



Figura 3: Manguezal do Rio Cavallo, em Ubatuba, SP. Local de coleta de *U. vocator*.



Figura 4: Praia lodosa e manguezal do rio Jabaquara. Notar a mudança brusca no sedimento.



B



Figura 5: Exemplos adultos de *Uca maracoani*. A = macho; B = fêmea.

A



B



Figura 6: Exemplos adultos de *Uca thayeri*. A = macho; B = fêmea.

A



B



Figura 7: Exemplos adultos de *Uca vocator*. A = macho; B = fêmea.

A família Ocypodidae

As espécies animais e vegetais, características dos manguezais, apresentam uma série de adaptações para sobreviverem neste habitat, sujeito as constantes variações em seu ambiente natural, como inundações, variações de salinidade e temperatura, presença de predadores, entre outras.

Os braquiúros são organismos, primariamente, de origem marinha e que obtiveram, entre outros crustáceos, grande êxito em invadir e colonizar ambientes terrestres (Bliss, 1968; Hartnoll & Gould, 1988).

A adaptação dos crustáceos ao ambiente terrestre ocorreu devido à diversos mecanismos morfológicos e fisiológicos. Os maiores problemas que os caranguejos terrestres e semiterrestres encontraram nesse novo modo de vida estão relacionados à reprodução, desenvolvimento e regulação de temperatura e salinidade. Entre as adaptações para sobreviver nesse ambiente estão: utilização de respingos d'água como recurso de umidade, utilização de tocas como refúgio de predadores e ambientes desfavoráveis, habilidade para absorver a umidade do substrato e a capacidade de reter grandes quantidades de água antes da ecdise (Bliss, 1979; Macintosh, 1988).

De acordo com Jones (1984), entre os braquiúros, seis famílias possuem representantes em ambientes de manguezais, sendo estas, as famílias: Gecarcinidae, Mictyridae, Grapsidae, Portunidae, Xanthidae e Ocypodidae. As famílias Grapsidae e Ocypodidae são as mais numerosas, em termos de espécie.

A família Ocypodidae é representada por, aproximadamente, 100 espécies de caranguejos, encontrados nas zonas intertidais de baías abrigadas e estuários das regiões tropicais e subtropicais do mundo (Crane, 1975; Christy & Salmon, 1984).

Inicialmente, a família Ocypodidae foi dividida em cinco subfamílias: Camptandriinae, Dotillinae, Helociinae, Macrothelminae e Ocypodinae, sendo que, destas, as quatro primeiras subfamílias ocorrem na região do Indo-Pacífico e a última subfamília (Ocypodinae) distribuiu-se ao longo da costa Americana (Guinot, 1979; Fielder & Greenwood, 1985). Recentemente, um estudo da classificação dos crustáceos, realizado por Martin & Davis (2001) reorganizou a família Ocypodidae, elevando a subfamília Camptandriinae ao nível de família.

Deste modo, atualmente, a família Ocypodidae, que abrange quatro subfamílias (Dotillinae, Helociinae, Macrothelminae e Ocypodinae), passa por um período de modificações, sendo que sua classificação pode sofrer novas mudanças em um curto espaço de tempo (Martin & Davis, 2001).

De acordo com Melo (1996), na América do Sul, somente a subfamília Ocypodinae está representada, sendo constituída pelos gêneros *Ocypode* Weber, 1975; *Ucides* Rathbun, 1897 e *Uca* Leach, 1814. As espécies do gênero *Uca* são as mais numerosas dentro dessa subfamília, estando representadas por mais de 97 espécies descritas atualmente (Rosenberg, 2001). Na costa brasileira, Melo (1996) registrou 10 espécies pertencentes ao gênero *Uca*: *U. burgersi* Holthuis, 1967; *U. cumulanta* Crane, 1943; *U. leptodactyla* Rathbun, 1898; *U. maracoani* (Latreille, 1802-1803); *U. mordax* (Smith, 1870); *U. rapax* (Smith, 1870); *U. thayeri* Rathbun, 1900; *U. uruguayensis* Nobili, 1901; *U. victoriana* von Hagen, 1987 e *U. vocator* (Herbst, 1804).

Esses caranguejos são popularmente conhecidos como caranguejos violinistas, ou chama-maré. Vivem em áreas lamacentas, alimentando-se de depósitos de matéria orgânica na superfície do substrato, e possuem o hábito de construir galerias para protegerem-se de temperaturas extremas, salinidade, dessecação, predadores e agressões de caranguejos vizinhos. As galerias variam em formato e complexidade (Macintosh, 1988), sendo as tocas também utilizadas para as atividades de reprodução e muda (Crane, 1975; Koga *et al.*, 2000).

As espécies do gênero *Uca* são caracterizadas por terem um nítido dimorfismo sexual, onde os machos possuem um dos quelípodos bastante desenvolvido, enquanto que, nas fêmeas, os quelípodos são pequenos e simétricos. As fêmeas utilizam os dois quelípodos para conduzir partículas alimentares do substrato até suas partes bucais, enquanto o macho utiliza apenas o quelípodo menor para essa finalidade (Valiela *et al.*, 1974; Levinton *et al.*, 1996). O quelípodo maior é utilizado pelos machos para defesa, combate com outros machos e corte (Christy & Salmon, 1984).

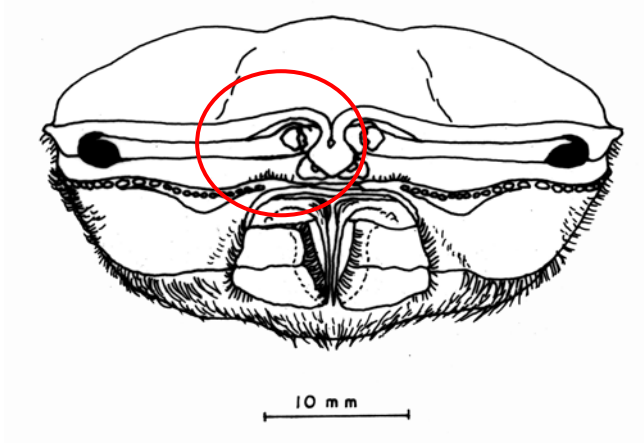
Algumas fêmeas de ocapodídeos acasalam na toca dos machos ou na superfície do substrato, o que tem sido considerado como dependente do tamanho da massa de ovos de algumas espécies (Christy & Salmon, 1984; Henmi, 1989). Entre as diferenças no comportamento de exibição e corte, exibidos pelos machos, podemos citar que, nas espécies de frente larga (figura 8-C), esses comportamentos parecem ser mais elaborados de modo a atrair as fêmeas para o acasalamento, o qual ocorre dentro das tocas. Já nas espécies de frente estreita (figura 8-A), o acasalamento ocorre após uma breve corte, podendo ocorrer tanto dentro quanto fora das tocas (Christy & Salmon, 1984; Salmon & Zucker, 1987). Christy & Salmon, 1984 relacionaram que o acasalamento na toca ocorre em espécies que produzem grandes ninhadas, e o acasalamento na superfície geralmente ocorre em espécies com ninhadas pequenas. Porém, Salmon (1987) observou que algumas espécies não se encontram nestes padrões, como *Uca thayeri*, a qual apresenta morfologia entre frente larga e estreita, considerada “intermediária” (figura 8-B), e tem comportamento similar às espécies de frente estreita.

As espécies escolhidas para o presente trabalho pertencem a esses diferentes grupos, de acordo com a morfologia da frente, sendo estas as espécies *Uca maracoani* (frente estreita), *Uca thayeri* (frente intermediária) e *Uca vocator* (frente larga).

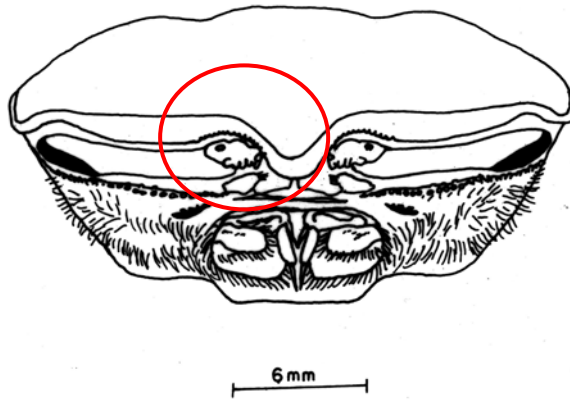
Na literatura podemos encontrar diversos trabalhos referentes às espécies da família Ocypodidae, tratando de aspectos comportamentais relacionados com o período de incubação e acasalamento (Christy & Salmon, 1984; Salmon, 1987; Henmi & Kaneto, 1989;

Henmi, 1989; Koga *et al.*, 2000; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2003; Costa *et al.*, 2006); crescimento relativo (von Hagen, 1987; Negreiros-Fransozo *et al.*, 2002; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2003; Benetti & Negreiros-Fransozo, 2004), alterações morfológicas (Benetti & Negreiros-Fransozo, 2003a), aspectos populacionais e reprodutivos (Haley, 1973; Icely & Jones, 1978; Simons & Jones, 1981; Thurman II, 1985; Spivak *et al.*, 1991; Mouton & Felder, 1996; Rodríguez *et al.*, 1997; Benetti & Negreiros-Fransozo, 2003b Costa & Negreiros-Fransozo, 2003; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2006; Costa *et al.*, 2006; Benetti *et al.*, no prelo) e, também, estudos ultraestruturais dos espermatozoides (Jamieson & Tudge, 1990; Medina, 1992; Medina & Rodríguez, 1992; Jamieson, 1994).

A



B



C

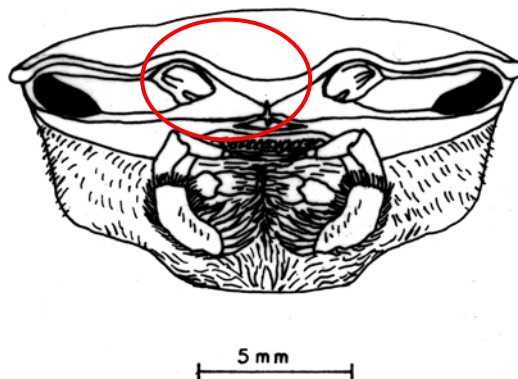


Figura 8: Desenho esquemático da frente das três espécies em estudo: Notar a diferença na largura das frentes. A = *Uca maracoani*, frente estreita; B = *Uca thayeri*, frente intermediária; C = *Uca vocator*, frente larga.

Referências

Referências

- Aveline, L.C. 1980. Fauna de manguezais brasileiros. *Revista Brasileira de Geografia*, 42(2): 786-821.
- Benetti, A.S. & Negreiros-Fransozo M.L. 2003a. Symmetric chelipeds in males of the fiddler crab *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Nauplius* 11(2): 141-144.
- Benetti, A.S. & Negreiros-Fransozo M.L. 2003b. Madurez sexual morfológica del cangrejo *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Brachyura, Ocypodidae) de uma área de manglar subtropical de Brasil. *Universidad y Ciencia* 19(37)9-16.
- Benetti, A.S. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2004 Relative growth of fiddler crab *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in the southeastern Brazilian coast. *Iheringia*, Sér. Zool. 94(1): 67-72.
- Benetti, A.S.; Costa, T.M. & Negreiros-Fransozo, M.L. no prelo. Population and reproductive biology of *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) in three subtropical mangrove forests. *Revista de Biología Tropical*, Costa Rica.
- Bliss, D.E. 1968. Transition from water to land in decapod crustaceans. *American Zoologist*, 8: 355 – 392.
- Bliss, D.E. 1979. From sea to tree: saga a land crab. *American Society Zoologists* 19: 385-410.
- Castiglioni, D. S. 2003. *Aspectos populacionais e reprodutivos de Uca rapax (Smith, 1870) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em dois manguezais do litoral Norte Paulista*. 178 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- Castiglioni, D.S. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Ciclo reprodutivo do caranguejos violinista *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) habitante de um estuário degradado em Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (2): 331-339.
- Christy, J.H. & Salmon, M. 1984. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). *Biological Review* 59: 483-509.

- Colpo, K.D. 2001. *Biologia populacional comparativa de Uca vocator (Herbst, 1804) em três localidades do litoral norte paulista*. 104p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo.
- Colpo, K.D. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2003. Reproductive output of *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangroves in Brazil. *Crustaceana* 76 (1): 1 – 11.
- Costa, T.M. & Negreiros-Fransozo, M.L., 2003. Population Biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical south american mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. *Crustaceana* 75 (10): 1201-1218.
- Costa, T.M.; Silva, S.M.J. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1900 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (1): 117-123.
- Crane, J. 1975. Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: genus *Uca*. New Jersey: Princeton University Press, 736p.
- Dov Por, F. 1994. *Guia Ilustrado do Manguezal Brasileiro*. Instituto de Biociências da USP, 82p.
- Fielder, D.R. & Greenwood, J.D. 1985. The systematic position of *Heloecius cordiformis* (H. Milne Edwards, 1937) (Decapoda, Ocypodidae) as revealed by larval morphology. *Crustaceana* 48: 244-248.
- Guinot, D. 1979 Morfologie et phylogenese des Brachyures. Memorieos du Museum National D'Histoire Naturelle. *Série A. Zoologie* 112: 1-354.
- Haley, S.R. 1973. On the use of morphometric data as a guide to reproductive maturity in the ghost crab, *Ocypode ceratophthalmus* (Pallas) (Brachyura, Ocypodidae). *Pacific Science* 27 (3): 350-362.
- Hartnoll, R.G. & Gould, P. 1988. Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production. *Symposia of the Zoological Society of London* 59: 1 – 9.
- Hemni, Y. & Kaneto, M. 1989. Reproductive ecology of three Ocypodid crabs. I. The influence of activity differences on reproductive traits. *Ecological Research* 4: 17 – 29.

- Hemni, Y. 1989. Life-history patterns in two forms of *Macrophthalmus japonicus* (Crustacea: Brachyura). *Marine Biology* 101: 53 – 60.
- Herz, R. 1991. Manguezais do Brasil. EDUSP, São Paulo, SP, 54p + 200 figuras.
- Hirose G.L. 2005. *Biologia de Uca maracoani Latreille 182-1803 (Brachyura, Ocypodidae) em uma área estuarina subtropical do sudeste brasileiro*. 78p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo.
- Icely, J.D. & Jones, D.A. 1978. Factors affecting the distribution of the genus *Uca* (Crustacea, Ocypodidae) on an East African Shore. *Estuarine and Coastal Science* 6: 315-325.
- Jamieson, B.G.M. & Tudge, C.C. 1990. Dorippids are Heterotremata: evidence from ultrastructure of the spermatozoa of *Neodorippe astute* (Dorippidae) and *Portunus pelagicus* (Portunidae) Brachyura: Decapoda. *Marine Biology* 106: 347-354.
- Jamieson, B.G.M. 1994. Phylogeny of the Brachyura with particular reference to the Podotremata: evidence from a review of spermatozoal ultrastructure (Crustacea, Decapoda). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345: 373-393.
- Jones, D.A. 1984. Crabs of the mangal ecosystem p.89-109. In: Por & Dor. *Hidrobiology of the Mangal*. W. Junk Publishers Boston, ix + 260p.
- Koga, T.; Murai, M.; Goshima, S. & Poovachiranon, S. 2000. Underground mating in the fiddler crab *Uca tetragonon*: the association between female life history traits and male mating tactics. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 248: 35-52.
- Lacerda, L.D. 1999. *Os manguezais do Brasil*. In: Vanucci, M. Os manguezais. EDUSP, 233p.
- Leitão, S.N. 1995. *A fauna do manguezal*. In: Schaeffer-Novelli, Y. Manguezal, Ecossistema entre a terra e o mar. *Caribbean Ecological Research*. 64p.
- Levinton, J.C.; Sturmbauer, C. & Christy, J. 1996. Molecular data and biogeography: resolution of controversy over evolutionary history of a pantropical group of invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 203: 117-131.
- Macintosh, D.J. 1988. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. *Symposium of the Zoology Society of London* 59: 315 – 341.

- Martin, J.W. & Davis, G.E. 2001. An update classification of the recent Crustacea. Natural History of Los Angeles Country. *Science Series* 39, 124p.
- Medina, A. & Rodríguez, A. 1992. Spermiogenesis and sperm structure in the crab *Uca tangeri* (Crustacea, Brachyura), with special reference to the acrosome differentiation. *Zoomorphology* 111: 161-165.
- Medina, A. 1992. Structural modifications of sperm from the fiddler crab *Uca tangeri* (Decapoda) during early stages of fertilization. *Journal of Crustacean Biology* 12 (4): 610-614.
- Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Plêiade. 604p.
- Mouton, E.C. Jr. & Felder, D.L., 1996. Burrow distributions and population estimates for the fiddler crabs *Uca spinicarpa* and *Uca longisignalis* in a Gulf of Mexico salt marsh. *Estuaries* 19 (1):51-61.
- Negreiros-Fransozo, M.L.; Chacur, M.M.; Guerreiro-Ocampo, C.M.; Reigada, A.L.; Colpo, K.D. & Guimarães, F.J. 2000. *Ecological characterization of six mangrove áreas in the southeastern Brazilian coast as a support for studies on brachyuran crabs population*. Mangrove 2000 – Sustainable use of estuaries and mangrove: challenge and prospects. [Versão eletrônica].
- Negreiros-Fransozo, M.L., Fransozo, A. & Bertini, G. 2002. Reproductive cycle and recruitment period of *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) at a sandy beach in southeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 22(1): 157-161.
- Robertson, A.I. 1991. Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology* 16: 433-443.
- Rodríguez, A.; Drake, P. & Arias, A.M. 1997. Reproductive periods and larval abundance patterns of the crabs *Panopeus africanus* and *Uca tangeri* in a shallow inlet (SW Spain). *Marine Ecology Progress Series* 149: 133-142.
- Rosenberg, M. S. 2001. The systematics and taxonomy of fiddler crabs: A phylogeny of the genus *Uca*. *Journal of Crustacean Biology* 21(3): 839-869.

- Salmon, M. & Zucker, N. 1987. Interpreting differences in the reproductive behavior of fiddler crabs (Genus *Uca*). In: Nato Workshop: *Behavioural Adaptation to Intertidal Life*, 1-2.
- Salmon, M. 1987. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. *Journal of Crustacean Biology* 7 (1): 25-44.
- Schaeffer-Novelli, Y. & Cintrón, G. 1990. Status of mangrove research in Latin America and the Caribbean. *Boletim Instituto Oceanográfico* 38: 93-97.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1995. *Manguezal, ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean Ecological Research, São Paulo. 64p.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1990. Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados. *II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileiro. Estrutura, função e manejo*. Publ. ACIESP, 71(2): 375-399.
- Simons, M.J. & Jones, M.B. 1981. Population and reproductive biology of the mud crab *Macrophthalmus hirtipes* (Jacquinot, 1853) (Ocypodidae), from marine and estuarine habitats. *Journal of Natural History* 15: 981-994.
- Spivak E.D.; Gavio, M.A. & Navarro, C.E., 1991. Life history and structure of the world's southernmost *Uca* population: *Uca uruguayensis* (Crustacea, Brachyura) in Mar Chiquita Lagoon (Argentina). *Bulletin of Marine Science* 48: 679-688.
- Thurman II, C.L. 1985. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). *Biological Bulletin* 169: 215 - 229.
- Valiela, J.M.; Babiec, D.E.; Atherton, W.; Seitzinger, S. & Krebs, C. 1974. Some consequences of sexual dimorphism: feeding in male and female fiddler crabs *Uca pugnax* (Smith). *Biological Bulletin* 147: 652-660.
- von Hagen, 1987. Allometric growth of two populations of *Uca tangeri* from the Guadalquivir estuary (Andalusia). *Investigaciones Pesqueras* 51 (1): 443-452.
- Yokoya, N.S. 1995. Distribuição e origem. In: Schaeffer-Novelli, Y. 1995. *Manguezal, ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean Ecological Research, São P

Capítulo I:

Maturidade sexual fisiológica em três
espécies do gênero *Uca* (Crustacea,
Brachyura, Ocypodidae) provenientes de
manguezais tropicais

Resumo

Resumo

A maturidade sexual é um evento, frequentemente, marcado por mudanças morfológicas, fisiológicas e comportamentais, indicando a transição da fase juvenil para adulta. Neste trabalho estudou-se a maturidade sexual dos caranguejos *Uca vocator*, *U. thayeri* e *U. maracoani*, comparativamente, baseando-se na análise dos estágios de desenvolvimento gonadal. Os caranguejos foram coletados por meio da técnica de amostragem por esforço de captura (2 pessoas/30 minutos), no período de maré baixa, desde maio/03 a dezembro/04, nos manguezais dos rios Cavalão e Ubatumirim, em Ubatuba/SP e rio Jabaquara, em Paraty/RJ. Todos os caranguejos obtidos foram mensurados quanto à largura da carapaça (LC) e os estágios de desenvolvimento gonadal (macroscópico) foram registrados. Consideraram-se como “jovens” todos os espécimes com gônadas imaturas e rudimentares, enquanto como “adultos” aqueles com gônadas nos demais estágios de desenvolvimento (em desenvolvimento, desenvolvidas, avançadas e esgotadas). Os caranguejos foram agrupados em classes de tamanho (amplitude de 1,0 mm de LC) e, para cada classe, determinou-se a porcentagem de caranguejos jovens e adultos. Utilizou-se a equação logística para a determinação do tamanho da maturidade sexual e a técnica dos mínimos quadrados para o ajuste da mesma. Calculou-se, também, o tamanho relativo do início da maturidade sexual (RSOM). O tamanho no qual 50% dos machos e fêmeas encontravam-se maduros foi de, respectivamente: 12,3 e 12,7 mm para *U. vocator*; 12,5 e 15,5 mm para *U. thayeri* e 19,0 e 22,3 mm para *U. maracoani*. Os resultados do RSOM alcançaram, para machos e fêmeas, respectivamente: 0,44 e 0,54 para *U. vocator*; 0,44 e 0,54 para *U. thayeri* e 0,42 e 0,55 para *U. maracoani*. Estes resultados indicam uma razoável similaridade no tamanho da maturidade sexual das espécies estudadas, e também sugere que o tamanho relativo do início da maturidade sexual não parece ser uma constante, pelo menos dentro do gênero *Uca*.

Introdução

Introdução

Entre os crustáceos encontrados em áreas estuarinas, caranguejos ocipodídeos e grapsídeos são os mais representativos em termos de biomassa, densidade ou número de espécies. A família Ocypodidae é o grupo dominante; alimentam-se de depósitos de matéria orgânica contida no substrato e possuem o hábito de construir tocas, destinadas à proteção, muda e processos reprodutivos (Crane, 1975; Hyatt & Salmon, 1978; Lee, 1998; Koga *et al.*, 2000; Skov & Hartnoll, 2001).

As espécies do gênero *Uca* caracterizam-se por apresentarem um nítido dimorfismo sexual, no qual os machos possuem um dos quelípodos bastante desenvolvido, utilizado para defesa, combate com outros machos e corte (Christy & Salmon, 1984). As fêmeas utilizam os dois quelípodos pequenos e simétricos para a captura de alimento (Levinton *et al.*, 1996).

O início da reprodução é um evento crítico na história de vida dos animais. Este evento geralmente está associado com o “esforço reprodutivo”, que pode ser definido como a taxa de energia corporal destinada à reprodução (López-Greco & Rodríguez, 1999).

Um dos índices para determinar a maturidade sexual e o período reprodutivo em invertebrados marinhos é baseado na observação da maturação gonadal (Giese & Pearse, 1974; Fonteles-Filho, 1989) a partir da observação macroscópica das gônadas, como coloração, formato (López-Greco & Rodríguez, 1999) e tamanho das gônadas em relação ao hepatopâncreas e à cavidade torácica (Haefner, 1976; Abelló, 1989; Wenner, 1989; Benetti *et al.*, no prelo). Tais observações podem, ainda, serem determinadas aos níveis microscópicos (López-Greco & Rodríguez, 1999).

O tamanho do início da maturidade (SOM) é considerado um importante parâmetro do ciclo de vida dos animais (Wenner, 1985). Charnov (1990) estipulou o tamanho relativo do início da maturidade (RSOM), ou seja, o tamanho do início da maturidade dividido pelo tamanho máximo, como um número interessante no crescimento dos crustáceos, que

poderia ser uma propriedade dentro do grupo. Nos crustáceos em geral, este valor normalmente apresenta pequenas oscilações, dependendo da plasticidade fenotípica da espécie.

A determinação do tamanho na primeira maturação fica, muitas vezes, comprometida quando se consideram apenas os aspectos morfológicos externos do animal, pois nem sempre existem variações nas estruturas do corpo que poderiam informar o exato momento no qual este animal atinge a maturidade sexual. Conan & Comeau (1986), Choy (1988) e Sastry (1983) relatam que, nem sempre, a maturidade morfológica coincide com a maturidade fisiológica do indivíduo (maturação gonadal), fato observado para ambos os sexos em braquiúros, onde os mesmos podem apresentar características externas de adultos e, internamente, as gônadas ainda não se desenvolveram, ou vice-versa.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos com relação à maturidade sexual fisiológica de caranguejos braquiúros. Porém, para o gênero *Uca*, este tipo de trabalho não é muito comum, destacando-se os seguintes: Negreiros-Fransozo *et al.*, (2003); Castiglioni & Negreiros-Fransozo (2006) com *U. rapax* e Benetti *et al.* (no prelo) com *U. burgersi*.

Objetivos

Objetivo

Este trabalho teve por objetivo determinar e comparar o tamanho no qual as espécies *U. vocator* (Herbst, 1804), *Uca maracoani* (Latreille, 1802-1803) e *U. thayeri* Rathbun, 1900 atingem a maturidade sexual fisiológica, com base no desenvolvimento gonadal.

Material e Métodos

Material e Métodos

As coletas dos espécimes de *Uca vocator*, *U. thayeri* e *U. maracoani* foram realizadas mensalmente, desde maio de 2003 até dezembro de 2004, respectivamente nos manguezais dos rios Cavalo (23°24'43"S e 45°00'73"W) e Ubatumirim (23°20'17,8"S e 44°53'2,2"W) em Ubatuba/SP e rio Jabaquara (23°12'10"S e 44°43'14,1"W), em Paraty/RJ.

Os exemplares foram capturados manualmente, por 2 pessoas, durante 30 minutos (sendo 10 minutos cada ponto), por meio da escavação do substrato, utilizando-se a técnica de esforço de captura, em período de maré baixa. Uma grande área de ocorrência das espécies alvo deste estudo foi percorrida durante as amostragens para prevenir uma possível distribuição diferencial das categorias demográficas.

Os caranguejos foram armazenados em sacos plásticos previamente etiquetados conforme o local de amostragem e, então, acondicionados em caixas térmicas, para transporte. No laboratório, os caranguejos de cada local de estudo foram separados quando ao sexo e foram efetuadas as mensurações da largura da carapaça (LC) para todos os exemplares. A seguir, procedeu-se à dissecção dos caranguejos, retirando-se a carapaça pela região dorsal (permitindo a visualização dos órgãos internos). As gônadas foram observadas, sendo determinado o desenvolvimento gonadal, seguindo padrões já descritos para outros braquiúros (Haefner, 1976; Abelló, 1989; Wenner, 1989; Benetti *et al.*, no prelo) (tabela 1) e observações prévias.

Para a análise da maturidade sexual fisiológica, os caranguejos foram separados em classes de tamanho de 1,0 mm de LC e a porcentagem de adultos (gônadas nos estágios ED, DE, AV e ESG) foi determinada. A frequência relativa (%) dos adultos e o resultado da equação logística $Y = \frac{1}{1 + e^{-r(LC-LC_{50})}}$ para cada classe de tamanho foi obtida e plotada em gráfico. As variáveis da equação logística são LC_{50} e r . O LC_{50} indicam a largura da carapaça em que 50% dos caranguejos atingem a maturidade sexual e o valor de r determina

a inclinação da curva. O ajuste da equação foi efetuado pelo método dos mínimos quadrados (Aguillar *et al.*, 1995; Vazzoler, 1996).

Para a determinação dos RSOM, dividiu-se o tamanho do início da maturidade sexual (fisiológica) pelo tamanho máximo atingido quanto à largura da carapaça, para machos e fêmeas de cada espécie.

Tabela 1: Descrição dos estágios de desenvolvimento gonadal para machos e fêmeas (modificado de Haefner, 1976; Choy, 1988; Abelló, 1989; Wenner, 1989)

| Estágio gonadal | Características |
|--|--|
| <u>Imaturo</u> (IM) – machos/fêmeas | Exemplares cujas gônadas não são possíveis de serem visualizadas a olho nú. |
| <u>Rudimentar</u> (RU) – machos/fêmeas | Gônadas visíveis, filamentosas, no entanto, não apresentando coloração evidente (translúcido). |
| <u>Em desenvolvimento</u> (ED) – machos/fêmeas | Gônadas no início do desenvolvimento, apresentando coloração típica (branco/translúcido para machos e laranja para fêmeas). |
| <u>Desenvolvido</u> (DE) – machos/fêmeas | Gônadas bastante volumosas, ocupando cerca de ½ da cavidade torácica e apresentando coloração evidente (branco/leitoso para machos e violeta para fêmeas). |
| <u>Avançado</u> (AV) – somente fêmeas | Ovário muito volumoso, ocupando a maior parte da cavidade torácica. |
| <u>Esgotado</u> (ESG) – somente fêmeas | Ovário volumoso, mas descolorido, quase translúcido. |

Resultados

Resultados

Para a espécie *Uca vocator*, obteve-se um total de 1550 exemplares (886 machos e 664 fêmeas); para *U. thayeri* foram 1768 exemplares (787 machos e 981 fêmeas); e para *U. maracoani* foram 2522 exemplares (1340 machos e 1182 fêmeas). As medidas descritivas de cada espécie, para ambos os sexos, e o estágio de desenvolvimento gonadal encontram-se na tabela 2.

Tabela 2: Medidas descritivas da largura da carapaça (milímetros) dos caranguejos de cada espécie estudada, em cada estágio de desenvolvimento gonadal.

| Estágios | <i>Uca vocator</i> | | <i>Uca thayeri</i> | | <i>Uca maracoani</i> | |
|--------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| gonadais | | | | | | |
| Machos | Min/Máx | Média±dp | Min/Máx | Média±dp | Min/Máx | Média±dp |
| Imaturo | 5,3/13,2 | 8,9±1,8 | 5,5/14,9 | 9,2±2,5 | 4,9/20,3 | 12,1±3,9 |
| Rudimentar | 7,7/18,2 | 11,6±2,3 | 9,5/20,0 | 13,6±2,4 | 11,5/28,8 | 18,6±3,4 |
| Em desenvolvimento | | | | | | |
| Desenvolvido | 8,2/23,6 | 15,7±2,9 | 10,0/28,2 | 18,0±3,9 | 14,7/40,5 | 25,7±4,8 |
| Fêmeas | | | | | | |
| Imatura | 6,2/14,6 | 9,9±2,1 | 4,6/14,8 | 9,5±2,3 | 5,1/21,8 | 12,7±3,9 |
| Rudimentar | 8,0/20,8 | 14,0±2,7 | 9,5/22,8 | 15,2±2,7 | 11,2/33,3 | 20,7±3,8 |
| Em desenvolvimento | | | | | | |
| Desenvolvida | 11,3/24,7 | 18,5±2,9 | 11,8/28,3 | 20,8±3,3 | 17,9/32,5 | 27,6±3,9 |
| Avançada | 8,8/25,3 | 19,9±2,8 | 15,5/28,5 | 22,1±2,6 | 17,4/40,3 | 29,1±3,9 |
| Esgotada | 14,0/25,5 | 20,2±2,6 | 12,7/27,2 | 22,5±2,6 | 23,4/37,3 | 29,6±3,4 |
| | 15,3/24,0 | 20,6±2,2 | 16,5/26,1 | 21,3±2,3 | 21,8/37,4 | 27,6±3,0 |

dp = desvio padrão; min = tamanho mínimo; max = tamanho máximo

O tamanho dos machos de *U. vocator* variou entre 5,3 mm e 28,8 mm de LC enquanto para as fêmeas, foi de 6,2 mm a 25,5 mm. Para *U. thayeri*, o menor macho apresentou 5,5 mm de LC e o maior 28,2 mm de LC, enquanto para as fêmeas foi de 4,6 mm

de LC a 28,5 mm de LC. O tamanho dos machos de *U. maracoani* variou entre 4,9 mm de LC e 45,0 mm de LC e das fêmeas, de 5,1 mm de LC e 40,3 mm de LC.

O ajuste da curva de maturação (L_{50}) indicou que o tamanho da largura da carapaça em que 50% dos machos e fêmeas, respectivamente, apresentam-se maduros fisiologicamente foram: 12,3 e 13,7 mm de LC para *U. vocator* (figura 1); 12,5 e 15,5 mm de LC para *U. thayeri* (figura 2) e 19,0 e 22,3 mm de LC para *U. maracoani* (figura 3).

O RSOM atingiu, para machos e fêmeas, respectivamente, entre 0,44 e 0,54 para *U. vocator* ($\bar{x}=0.49$); 0,44 e 0,54 para *U. thayeri* ($\bar{x}=0.49$) e 0,42 e 0,55 para *U. maracoani* ($\bar{x}=0.485$), sendo 0,49 a média geral encontrada para as três espécies do gênero *Uca*.

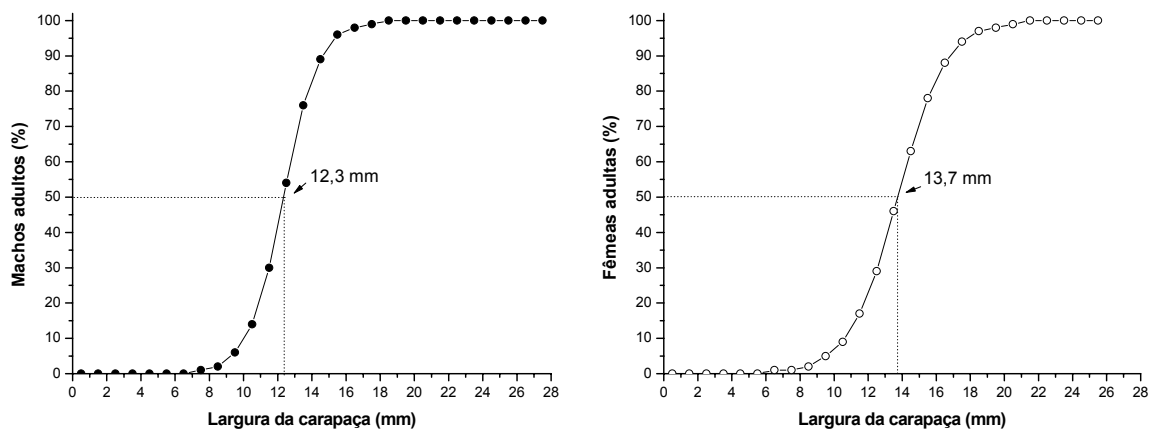


Figura 1: Estimativa do tamanho da primeira maturação (L_{50}) por meio do ajuste da equação logística para machos e fêmeas de *U. vocator*.

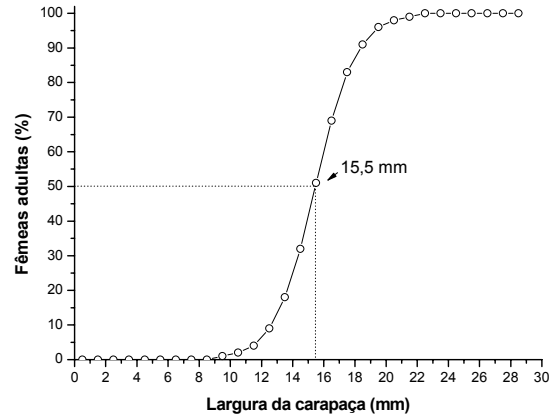
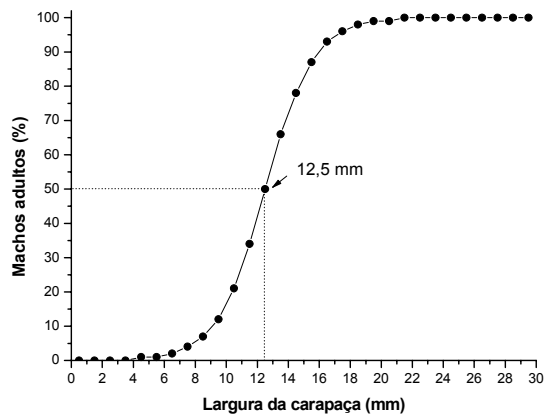


Figura 2: Estimativa do tamanho da primeira maturação (L₅₀) por meio do ajuste da equação logística para machos e fêmeas de *U. thayeri*.

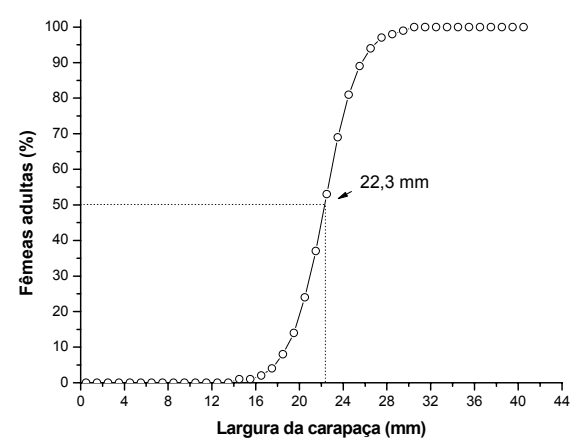
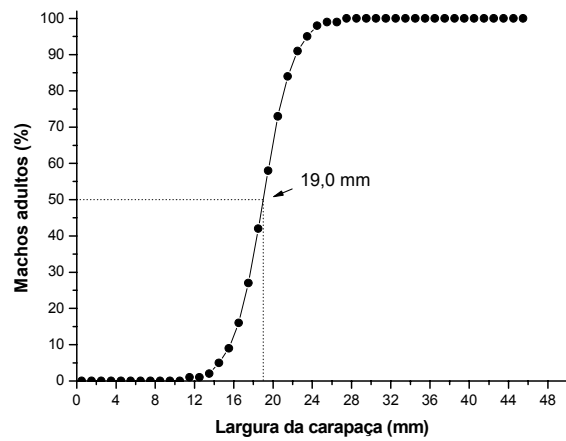


Figura 3: Estimativa do tamanho da primeira maturação (L₅₀) por meio do ajuste da equação logística para machos e fêmeas de *U. maracoani*.

Discussão

Discussão

Os caranguejos baquiúros passam por diversas mudanças morfológicas durante o seu desenvolvimento, sendo a muda da puberdade uma das mais importantes. Esta muda distingue-se das demais por transformações morfológicas, fisiológicas e comportamentais marcantes, decorrentes da transição da fase juvenil para a fase adulta (Pérez, 1928; Hartnoll, 1985). A muda da puberdade é, geralmente, associada as importantes modificações no sistema endócrino, relacionados com a maturação, separando as fases imatura e madura do crescimento.

O tamanho no qual os crustáceos decápodos estão fisiologicamente maduros pode ser determinado por meio do estudo de aspectos reprodutivos, como a observação das gônadas, enquanto que os métodos morfométricos indicam mudanças alométricas no crescimento relacionados à maturidade morfológica, na qual um indivíduo é capaz de acasalar.

As diferenças na morfologia dos crustáceos, decorrentes da muda da puberdade, evidenciadas nas relações entre as dimensões da carapaça, são conseqüências do desenvolvimento das gônadas. Este fato já foi anteriormente observado em braquiúros (Haley, 1972; Huber, 1985; Negreiros-Fransozo *et al.*, 2003). O fato de não haver sincronia entre as maturidades morfológica e fisiológica demonstra a necessidade de se realizarem estudos observando-se o desenvolvimento das gônadas, para melhor definir o início da reprodução em braquiúros (González-Gurriarán & Freire, 1994; Cobo & Fransozo, 2005).

O ciclo reprodutivo inclui uma série de eventos nos indivíduos que estão completando a fase juvenil. Entre eles, podemos citar a proliferação de células gonadais (ativação da gametogênese), diferenciação e crescimento dos gametas para maturação, comportamentos reprodutivos associados com a cópula, entre outros (Sastry, 1983). Este ciclo é comum para todos os crustáceos, mas o tempo de relacionamento entre certos eventos e duração destes eventos pode variar para as diferentes espécies.

Algumas espécies podem produzir gametas antes de completarem o desenvolvimento dos seus caracteres morfológicos sexuais externos [ex. *Macropodia rostrata*

(Linnaeus, 1761)], ou seja, tornam-se primeiramente maduros fisiologicamente (vitelogênese, principalmente), enquanto que outras tornam-se maduros morfológicamente antes de completarem o seu desenvolvimento gonadal (ex. *Sesarma bidentatum* Benedict, 1892) (Hartnoll, 1963-64). Neste sentido, no presente estudo foi possível verificar que apenas as fêmeas de *U. maracoani* maturam suas gônadas depois de atingirem a maturidade sexual morfológica. Para *U. vocator*, *U. thayeri* e para os machos de *U. maracoani*, a maturidade sexual fisiológica é atingida pouco antes de completarem seu desenvolvimento morfológico. Devemos observar que esta diferença no tamanho das maturidades é muito pequena (cerca de 1,5 mm de LC), o que demonstra que ambas maturidades estejam ocorrendo dentro de uma mesma classe de tamanho.

Verificou-se, ainda, que as fêmeas das três espécies estudadas, maturam as gônadas com tamanhos superiores aos dos machos. Isto pode estar relacionado ao fato de que, nas fêmeas, a muda da puberdade ocorre com um abrupto crescimento ou desenvolvimento do abdome. Neste sentido, as fêmeas direcionariam a energia primeiramente a fim de desenvolverem-se morfológicamente, para a incubação dos ovos e, posteriormente, completarem o seu desenvolvimento gonadal.

Tabela 2: Comparação dos tamanhos de maturidade sexual (fisiológica e morfológica) para as espécies *U. vocator*, *U. thayeri* e *U. maracoani*.

| Espécie | Maturidade Sexual | Autor | Maturidade Sexual |
|----------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
|----------------|--------------------------|--------------|--------------------------|

| | Morfológica (LC em mm) | | | Fisiológica (presente estudo; LC em mm) | |
|---------------------|------------------------|-------------|------------------------------------|---|------|
| | ♂ | ♀ | | ♂ | ♀ |
| <i>U. vocator</i> | 13,3 | 15,2 | Colpo & Negreiros-Fransozo (2004). | 12,3 | 13,7 |
| <i>U. thayeri</i> | 14,6 | 11,1 - 17,8 | Benetti <i>et al.</i> (in prep.) | 12,5 | 15,5 |
| <i>U. maracoani</i> | 21,2 | 19,4 | Hirose (2005). | 19,0 | 22,3 |

Vários fatores podem interferir na taxa de crescimento e no tamanho da maturidade sexual dos crustáceos, como a disponibilidade de alimento e as condições ambientais. Habitats mais propícios geram taxas de crescimento diferenciais e superiores, influenciando nos tamanhos da maturidade sexual dos crustáceos (Hines, 1989; Ruffino *et al.*, 1994; Benetti & Negreiros-Fransozo, 2003; Negreiros-Fransozo *et al.*, 2003; Benetti & Negreiros-Fransozo, 2004; Costa *et al.*, 2005; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2006).

Charnov (1990), estudando o tamanho relativo do início da maturidade sexual (RSOM) afirmou que este valor costuma ser uma constante entre os crustáceos. Em seus estudos com camarões da família Pandalidae, encontrou um valor de, aproximadamente, 0.55, independente das variáveis ambientais. Conde & Díaz (1992) estudando *Aratus pisonii*, encontraram que tal valor atingiu uma média de 0.52. Pralon & Negreiros-Fransozo (submetido), encontraram estes valores variam desde 0.36 até 0.72 para o RSOM de populações dos diferentes gêneros de *Uca*. No presente estudo, encontrou-se uma média de 0.49 para as três espécies em estudo. A tabela 3 mostra, comparativamente, os valores encontrados por Pralon & Negreiros-Fransozo (submetido) para as mesmas espécies estudadas

no presente estudo, demonstrando uma variação dentro da mesma espécie. Esta variação pode ser devido ao tipo de metodologia adotada para estudos de maturidade (maturidade sexual morfológica, maturidade sexual fisiológica ou, ainda, a menor fêmea ovígera de uma população). Estes resultados contrastam com os estudos de Charnov (1990), não demonstrando que este valor possa ser constante, pelo menos dentro do gênero *Uca*.

Tabela 3: Valores de RSOM anteriormente determinados para *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*.

| Espécie | Local de amostragem | Autor | Metodologia | RSOM |
|---------------------|--|--|-------------------------------------|-------------|
| <i>U. thayeri</i> | Rio Comprido, Praia Dura, Ubatuba (SP) | Pralon & Negreiros- Fransozo (<i>submetido</i>) | Maturidade sexual morfológica | 0.42 |
| | Rio Ubatumirim, Ubatuba (SP) | Presente trabalho | Maturidade sexual fisiológica | 0.49 |
| <i>U. vocator</i> | Rio Itamambuca, Ubatuba (SP) | Pralon & Negreiros- Fransozo (<i>submetido</i>) | Maturidade sexual morfológica | 0.61 |
| | Rio Itamambuca, Ubatuba (SP) | Presente trabalho | Maturidade sexual fisiológica | 0.49 |
| <i>U. maracoani</i> | Rio Jabaquara, Paraty (RJ) | Pralon & Negreiros- Fransozo (<i>submetido</i>) | Maturidade sexual morfológica | 0.65 |
| | Rio Jabaquara, Paraty (RJ) | Presente trabalho | Maturidade sexual fisiológica | 0.49 |

Referências

Referências

- Abelló, P. 1989. Reproduction and molting in *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) in the Northwestern Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 53 (1): 127 – 134.
- Aguillar, A.R.; Malpica, Z.C & Urbina, B.V. 1995. *Dinamica de Poblaciones de Peces*. Primera Edición, Ed. Libertad. Peru. 304p.
- Benetti, A.S. & Negreiros-Fransozo M.L. 2003. Madurez sexual morfológica del cangrejo *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Brachyura, Ocypodidae) de uma área de manglar subtropical de Brasil. *Universidade y Ciencia* 19 (37): 9-16.
- Benetti, A.S. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2004 Relative growth of fiddler crab *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in the southeastern Brazilian coast. *Iheringia, Sér. Zool.* 94 (1): 67-72.
- Benetti, A.S.; Negreiros-Fransozo, M.L. & Costa, T.M. no prelo. Population and reproductive biology of *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) in three subtropical mangroves. *Revista de Biologia Tropical*.
- Benetti, A.S.; Negreiros-Fransozo, M.L & Costa, T.M. Relative growth of *Uca thayeri* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from a subtropical mangrove (in prep.).
- Castiglioni, D.S & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Physiological sexual maturity of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in Ubatuba, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (2): 239-248.
- Charnov, E.L. 1990. Relative size at the onset maturity (RSOM) is an interesting number in crustacean growth (Decapoda, Pandalidae). *Crustaceana* 59 (1): 108-109.
- Choy, S.C. 1988. Reproductive biology of *Liocarcinus puber* and *L. holsatus* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Gower Peninsula, South Wales. *Marine Biology* 9 (3): 227-241.
- Christy, J.H. & Salmon, M. 1984. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). *Biological Review* 59: 483-509.
- Cobo, V.J. & Fransozo, A. 2005. Physiological maturity and relationships of growth and reproduction in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Brachyura, Grapsidae) on the coast of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (1): 219-223.

- Colpo, K.D. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2004. Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina* 68 (1): 139-146.
- Conan, G.Y. & Comeau, M. 1986. Functional maturity and terminal molt of male snow crab *Chionoecetes opilio*. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science* 43: 1710-1719.
- Conde, J.E & Díaz, H. 1992. Variations in intraspecific relative size at the onset of maturity (RSOM) in *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837) (Decapoda, Brachyura, Grapsidae). *Crustaceana* 62: 214-216.
- Costa, T.M.; Silva, S.M.J. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2005. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from Ubatuba, SP, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (1): 117-123.
- Crane, J. 1975. *Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: genus Uca*. New Jersey: Princeton University Press, 736p.
- Fonteles-Filho, A.A., 1989. *Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional*. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará. 296p.
- Giese, A.C. & Pearse, J.S. 1974. General principles. *Reproduction of marine invertebrates*. New York: Academic Press, v.1: Acelomates and pseudocelomates metazoans. p. 1-49.
- González-Gurrarán, E. & Freire, J. 1994. Sexual maturity in the velvet swimming crab *Necora puber* (Brachyura, Portunidae): morphometric and reproductive analyses. *Journal of Marine Science* 51: 133 – 145.
- Haefner Jr., P.A. 1976. Distribution, reproduction and molting of rock crab *Cancer irroratus* Say, 1917 in the Mid-Atlantic Bight. *Journal of the Natural History* 10: 377 – 397.
- Haley, S.R. 1972. Reproductive cycling in the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabr.) (Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana* 23: 1-11.
- Hartnoll, R.G. 1963-64. The freshwater Grapsid crabs of Jamaica. *Proceedings of the Linnean Society of London* 175 (2): 175-169.

- Hartnoll, R.G. 1985. *Growth, sexual maturity and reproductive output*. Pp. 101-128. In: Wenner, A. M. (ed). *Factors in adult growth*. Rotterdam, A. A., Balkema.
- Hines, A.H. 1989. Geographic variation in size at maturity in brachyuran crabs. *Bulletin of Marine Science* 45 (2): 356-368.
- Hirose, G.L. 2005. *Biologia de Uca maracoani Latreille, 1802-1803 (Brachyura, Ocypodidae) em uma área estuarina subtropical do sudoeste brasileiro*. 78p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Huber, M.E. 1985. Allometric growth of the carapace in *Trapezia* (Brachyura, Xanthidae). *Journal of Crustacean Biology* 5: 79-83.
- Hyatt, G.W. & Salmon, M. 1978. Combat in the fiddler crabs *Uca pugilator* and *U. pugnax*: a quantitative analysis. *Behaviour* 65,182 -211.
- Koga, T., Murai, M., Goshima, S. & Poovachiranon, S. 2000. Underground mating in the fiddler crab *Uca tetragonon*: the association between female life history traits and male mating tactics. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 248: 35-52.
- Lee, S.Y. 1998. Ecological role of grapsidae crabs in mangrove ecosystem: a review. *Marine freshwater Research* 49:335-343.
- Levinton, J.C.; Sturmbauer, C. & Christy, J. 1996. Molecular data and biogeography: resolution of controversy over evolutionary history of a pantropical group of invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 203: 117-131.
- López-Greco, L.S. & Rodríguez, E.M. 1999. Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). *Cahiers de Biologie Marine* 40: 155-164.
- Negreiros-Fransozo, M.L.; Colpo, K.D.; Costa, T.M. 2003. Allometric growth in the fiddler crab *Uca thayeri* (Brachyura, Ocypodidae) from a subtropical mangrove. *Journal of Crustacean Biology* 23(2): 273-279.
- Pérez, C. 1928. Caractères sexuels chez un crabe Oxyrhynque (*Macropodia rostrata* L.). *C. R. Academia Science* 188: 91-93.

- Pralon, B.G.N & Negreiros-Fransozo, M.L. Relative growth and morphologic sexual maturity of *Uca cumulanta* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) from a tropical Brazilian mangrove. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*. (submetido)
- Ruffino, M.L., Telles, M.D. & D’Incao, F. 1994. Reproductive aspects of *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Decapoda, Grapsidae) in the Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Nauplius* 2: 43 – 52.
- Sastry, A.N. 1983. *Ecological aspects of reproduction*. P. 179-270. In: Vernberg, F.J. & Vernberg, W.D (Ed.). *The Biology of Crustacea. Vol. 8. Environmental adaptations*. Academic Press.
- Skov, M.W. & Hartnoll, R.G. 2001. Comparative suitability of binocular observation, burrow counting and excavation for the quantification of the mangrove fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards). *Hydrobiologia* 449: 201-212.
- Vazzoler, A.E. A. M. 1996. *Biologia reprodutiva de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem; São Paulo: SBI, 169p.
- Wenner, A.M. (ed.) 1985. Factors in adult growth. *Crustacean Issues* 4. Rotterdam, A. A., Balkema. 362p.
- Wenner, A. M. 1989. Incidence of insemination in female blue crabs, *Callinectes sapidus*. *Journal of Crustacean Biology* 9: 587-594.

Capítulo II:

Período reprodutivo em três espécies do
gênero *Uca* (Crustacea, Brachyura,
Ocypodidae) em manguezais tropicais

Resumo

Resumo

Algumas espécies reproduzem-se durante todo o ano, em outras, a reprodução ocorre a cada ano e, ainda, há espécies em que o período reprodutivo ocorre em anos alternados, em uma determinada estação. Este trabalho teve por objetivo investigar o ciclo reprodutivo das espécies

U. maracoani, *U. thayeri* e *U. vocator*, baseando-se na taxa de fêmeas ovígeras e de desenvolvimento gonadal, ao longo do ano. Os caranguejos foram obtidos por meio da técnica de amostragem por esforço de captura (2 pessoas/30 minutos), no período de maré baixa, desde maio/03 a abril/04, nos manguezais do rio Jabaquara, em Paraty/RJ e rios Cavalão e Ubatumirim, em Ubatuba/SP. Ainda foram obtidos dados de temperatura do ar e determinou-se o teor de matéria orgânica. Todos os caranguejos obtidos foram mensurados quanto à largura da carapaça (LC) e os estágios de desenvolvimento gonadal (macroscópico) foram registrados. Entre as estações do ano, para cada sexo, determinou-se a proporção de caranguejos “ativos reprodutivamente” (gônadas em desenvolvimento, desenvolvidas e avançadas) e “inativos reprodutivamente” (gônadas imaturas, rudimentares e esgotadas). Também determinou-se a proporção de fêmeas ovígeras e caranguejos em atividade de muda. Observou-se que as três espécies em estudo apresentaram reprodução contínua. *U. maracoani* apresenta menores taxas no verão, provavelmente por entocarem-se neste período, devido à baixa disponibilidade de alimento e às altas temperaturas. Para *U. thayeri*, a maior periodicidade ocorreu no verão, por estarem alimentando-se quando ovígeras. O mesmo acontece para *U. vocator*, porém, foram amostradas poucas fêmeas ovígeras, sugerindo que as mesmas não se alimentam e permanecem entocadas durante período de incubação. A proporção de caranguejos em atividade de muda foi baixa para as três espécies. Esta baixa proporção é esperada, para caranguejos semiterrestres, considerando que os períodos que antecedem à muda os expõem à dessecação e à predação.

Introdução

Introdução

Entre os crustáceos braquiúros de áreas estuarinas, encontra-se o gênero *Uca* Leach, 1814, cujos representantes são conhecidos como caranguejos Chama-maré. Tais caranguejos constituem um dos grupos mais característicos das zonas intertidais de estuários tropicais, em particular, das florestas de manguezais. O gênero *Uca* apresenta mais de 97

espécies descritas até o presente (Rosenberg, 2001), distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, apresentando grande diversidade no Pacífico e no Atlântico.

De acordo com Teal (1958), Icely e Jones (1978) e Costa (2000) fatores ecológicos como tipo de substrato, disponibilidade alimentar, salinidade, exposição ao ambiente, ciclo de marés e presença de outros animais são importantes fatores que podem determinar a distribuição e reprodução dos caranguejos violinistas.

Nas regiões tropicais, observa-se que a grande maioria das espécies de caranguejos, em geral, apresenta períodos reprodutivos prolongados ou contínuos ao longo do ano, e que picos mais pronunciados podem ser evidenciados dentro desse período (Ahmed & Mustaqim, 1974; Sastry, 1983; Costa & Negreiros-Fransozo, 1998). Em águas temperadas frias, que apresentam certa sazonalidade, as espécies reproduzem-se por um período relativamente curto, dependendo das condições mais favoráveis, como por exemplo, períodos de temperatura mais elevada (Haefner, 1976).

O período reprodutivo pode ser influenciado por fatores bióticos e abióticos, ou por uma interação entre eles. Dentre os fatores abióticos, a temperatura é indicada como o principal fator de influência nos processos reprodutivos, por promover um aumento na taxa metabólica (Jones & Simons, 1983; Negreiros-Fransozo & Fransozo, 1992). Outros autores têm dado uma maior importância ao aporte de alimentos disponíveis no ambiente, sendo este considerado o fator primário na determinação da taxa de crescimento e da produção de ovos (Wenner *et al.*, 1974; Seiple, 1979; Sastry, 1983). Além disso, a periodicidade reprodutiva pode ser controlada por uma combinação destes fatores, incluindo, também, a latitude e a zonação intertidal (Thorson, 1950; Sastry, 1983; Emmerson, 1994).

A periodicidade reprodutiva tem sido estudada em diversas espécies de braquiúros por meio de amostras mensais da frequência de fêmeas ovígeras durante o ano. Existem espécies que reproduzem-se durante todo o ano e outras nas quais a reprodução ocorre a cada ano em uma ou mais estações e, ainda, outras espécies nas quais o período reprodutivo

ocorre em anos alternados em uma dada estação (geralmente, na primavera). Todos esses padrões estão correlacionados com condições ambientais favoráveis (Negreiros-Fransozo *et al.*, 2002.)

O ciclo reprodutivo nos crustáceos envolve uma série de eventos, como a ativação da gametogênese, diferenciação e crescimento dos gametas, maturação, e comportamento reprodutivo associado ao acasalamento, ovulação e desenvolvimento do embrião até a eclosão das larvas ou juvenis (Sastry, 1983; Salmon, 1984).

Os caranguejos do gênero *Uca* podem ser reunidos em três grupos distintos, de acordo com o tamanho da frente: espécies de frente larga (Crane, 1975), de frente estreita (Crane, 1975; Christy & Salmon, 1991) e frente intermediária (Salmon, 1987). As espécies de frente larga [ex. *Uca vocator* (Herbst, 1804)] geralmente deixam de se alimentar durante a incubação, e incubam ovos dentro das tocas (Christy & Salmon, 1991), enquanto que, nas espécies de frente estreita (ex. *U. maracoani* Latreille, 1802-1803), as fêmeas podem incubar os ovos dentro ou fora das tocas (Salmon & Zucker, 1987). Salmon (1987) observou que uma espécie de frente intermediária (*U. thayeri* Rathbun, 1900) tem comportamento similar às espécies de frente estreita. Neste sentido, um estudo do ciclo reprodutivo poderia ser mais preciso observando-se o desenvolvimento gonadal, além da frequência de fêmeas ovígeras ao longo de todo o ano.

Objetivos

Objetivo

Este trabalho teve por objetivo investigar o ciclo reprodutivo de três espécies com diferentes padrões morfológicos: *Uca maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*; baseando-se na frequência de fêmeas ovígeras e na taxa de caranguejos com gônadas desenvolvidas ao longo das estações do ano.

Material e Métodos

Material e Métodos

As espécies *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* foram coletadas, respectivamente, nos manguezais do rio Jabaquara, em Paraty, litoral sul do Rio de Janeiro (23°12'10,0"S e 44°43'14,1"W) e rios Ubatumirim (23°20'17,8"S e 44°53'2,2"W) e Cavalo (23°24'43"S e 45°00'73"W), litoral norte do Estado de São Paulo.

A amostragem dos caranguejos foi realizada mensalmente, desde maio de 2003 até abril de 2004. Para garantir uma boa amostragem da área de estudo, as coletas foram realizadas em três pontos distintos do manguezal (2 pessoas durante 30 minutos, sendo 10

minutos cada ponto), por meio da técnica de esforço de captura (CPUE), no período de maré baixa. Foram coletadas, ainda, amostras de sedimento para posterior determinação do conteúdo de matéria orgânica e os dados de temperatura do ar, no início da amostragem de cada ponto de coleta.

Os dados obtidos para o teor de matéria orgânica e temperatura foram comparados entre as estações do ano por uma análise de variância (ANOVA, $\alpha = 0,05$), complementada com o teste de Tukey (Sokal & Rohlf, 1995).

Os espécimes coletados foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente rotulados e mantidos em caixa térmica, contendo gelo picado. No laboratório, os caranguejos foram triados, identificados de acordo com Melo (1996). Após a identificação da espécie, registraram-se o sexo e a condição ovígera das fêmeas. Para cada caranguejo, efetuaram-se, ainda, mensurações da largura da carapaça, com paquímetro (0,01 mm).

Em seguida, os caranguejos foram dissecados e os estágios de desenvolvimento gonadal foram classificados de acordo com a coloração, forma e volume em relação ao hepatopâncreas e à cavidade torácica, seguindo padrões já descritos para outros braquiúros (ver tabela 1, capítulo 1).

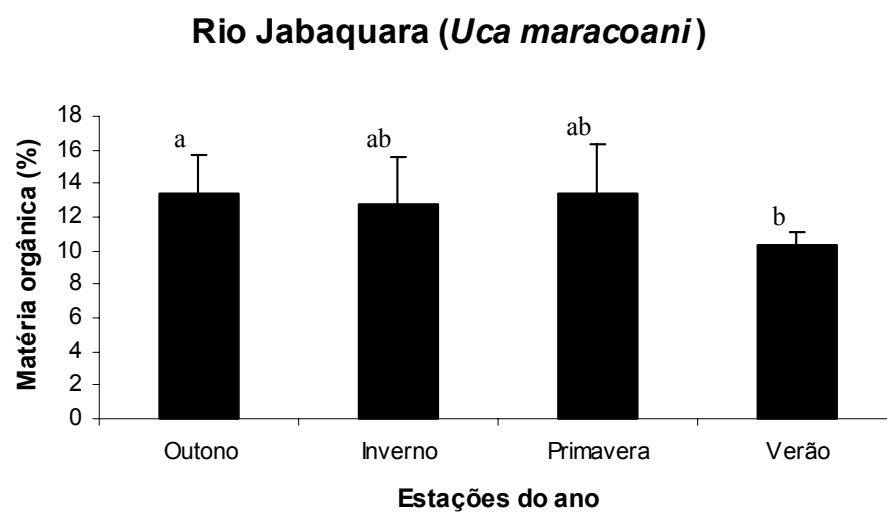
Entre as estações do ano, os caranguejos foram separados em “ativos reprodutivamente” (ED, DE e AV) e “inativos reprodutivamente” (IM, RU e ESG), para os quais determinou-se a proporção de caranguejos em cada sexo. Determinou-se, ainda, a proporção de fêmeas adultas ovígeras e não ovígeras, ao longo das estações do ano e a proporção de caranguejos em “atividade de muda recente” (estágios A, B, D e E) e intermuda (estágio C) (Drach & Tchernigovtzeff, 1967; Warner, 1977; Guimarães, 2002; Cobo & Fransozo, 2005 e Benetti *et al.*, no prelo). Todas as proporções obtidas foram comparadas pelo teste de Goodman, ao nível de significância de 5% (Curi & Moraes, 1981).

Resultados

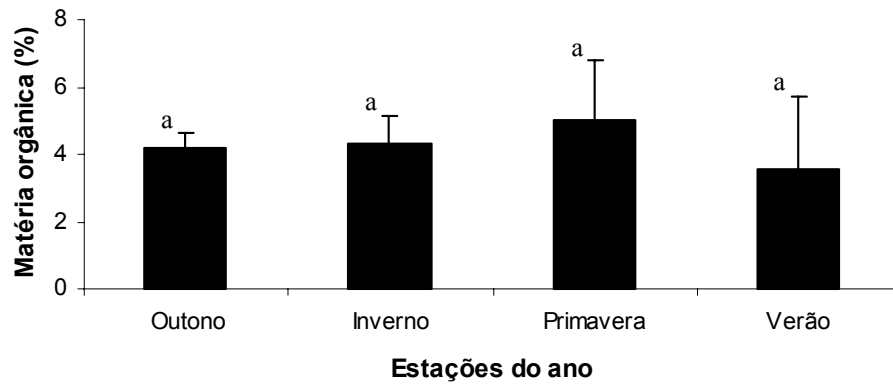
Resultados

Analisando-se os fatores ambientais no manguezal de Jabaquara, onde coletou-se a espécie *Uca maracoani*, verificou-se que os dados obtidos para a quantidade de matéria orgânica contida no sedimento foi bastante elevada, porém, com menores taxas no verão, apresentando diferença estatística entre outono e verão (figura 1). Para a temperatura do ar, os menores valores foram registrados nos meses de inverno e os maiores, nos meses de verão, porém não houve diferença estatística significativa entre as estações do ano (figura 2). Verificou-se uma menor quantidade de matéria orgânica no sedimento do rio Ubatumirim, quando comparada com as demais localidades (figura 1). Observou-se que não há diferença significativa entre as estações do ano, tanto para os dados referentes à matéria orgânica (figura

1), quanto para os dados de temperatura (figura 2). Para *U. vocator*, proveniente do manguezal do rio Cavalo, as taxas de matéria orgânica não tiveram diferença significativa entre as estações do ano (figura 1) e a temperatura do ar apresentou diferença estatística entre os meses de inverno (menos elevada) e verão (mais elevada) (figura 2).



Rio Ubatumirim (*Uca thayeri*)



Rio Cavallo (*Uca vocator*)

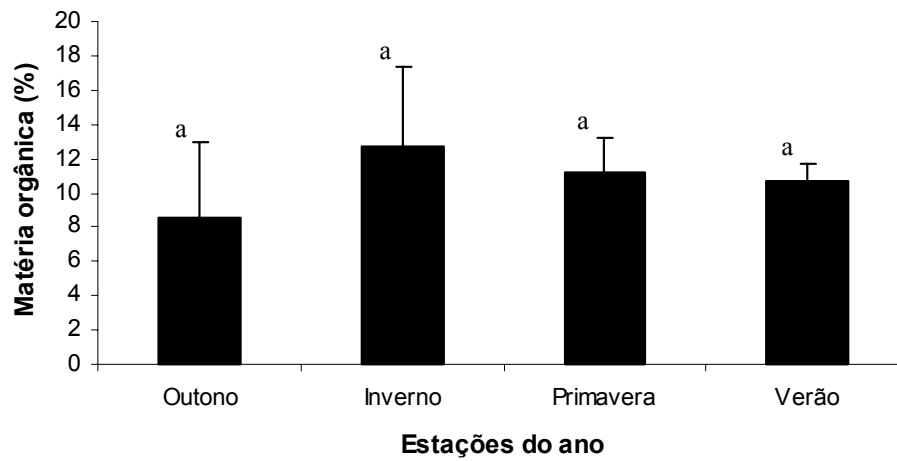
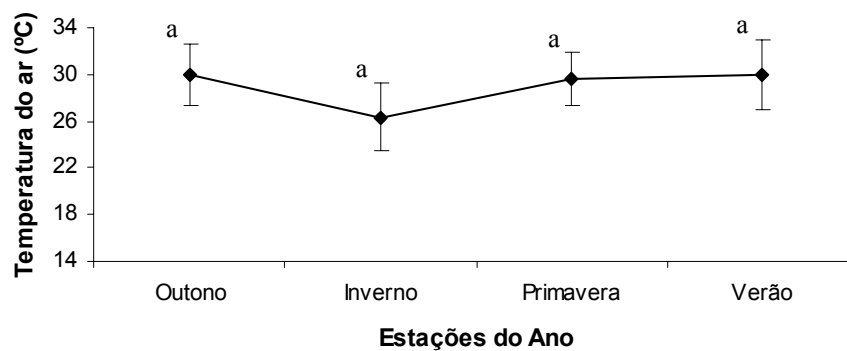


Figura 1: Valores médios e desvios-padrões da porcentagem de matéria orgânica contida no sedimento, por estação do ano, para cada localidade estudada. Barras com, pelo menos, uma letra em comum, numa mesma localidade, não diferem estatisticamente ($\alpha= 0,05$).

Rio Jabaquara



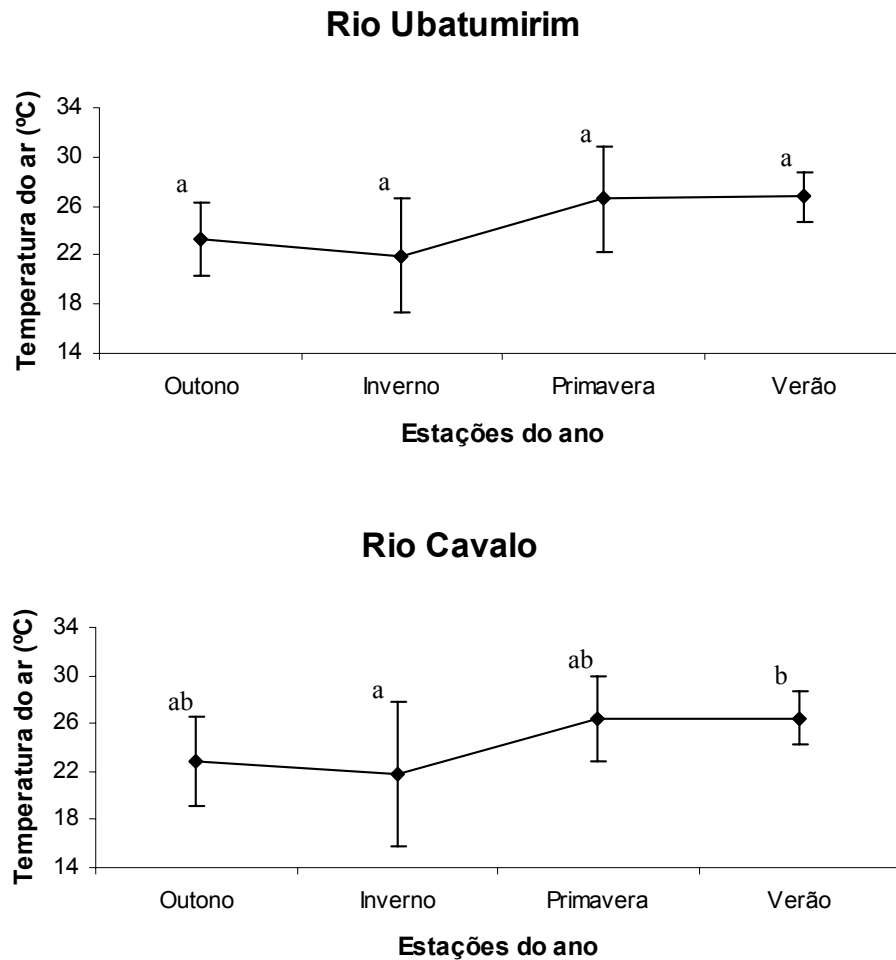
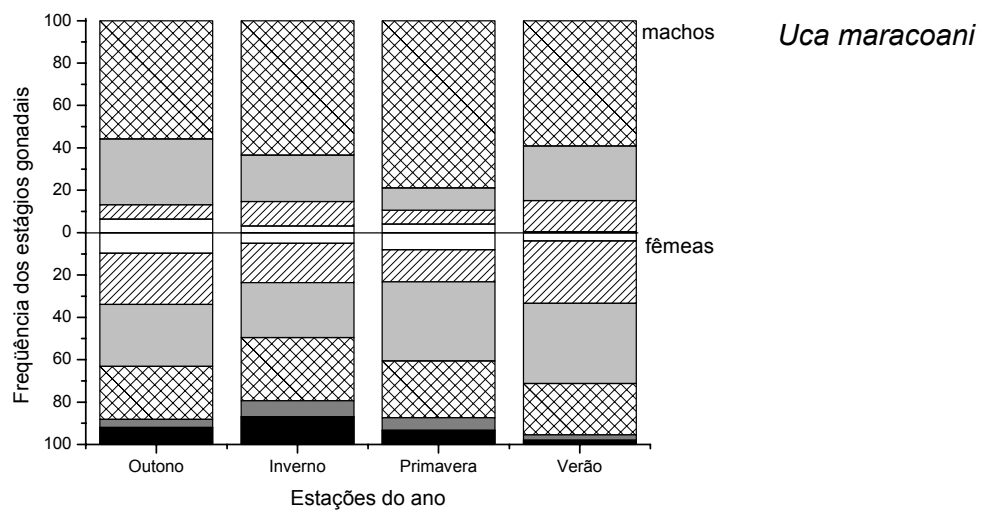


Figura 2: Valores médios e desvio-padrões da temperatura do ar, por estação do ano, para cada localidade estudada. Valores com, pelo menos, uma letra em comum, numa mesma localidade, não diferem estatisticamente ($\alpha = 0,05$).

Para os estágios de desenvolvimento gonadal (figura 3), verificou-se que, para os machos das espécies *U. maracoani* e ambos os sexos de *U. vocator*, não foram observados caranguejos com gônadas imaturas nos meses de verão. Apenas em *U. thayeri* verificou-se machos com gônadas em estágio avançado de desenvolvimento. Para todas as outras estações do ano, nas três espécies, foram registrados caranguejos em todos os estágios de desenvolvimento gonadal.

Verifica-se que são encontrados caranguejos em atividade reprodutiva durante todo o ano (tabela 1). Para os machos de *U. maracoani*, a atividade reprodutiva não difere

estatisticamente entre as estações do ano e as fêmeas apresentam menor atividade nos meses de outono. Os machos de *U. thayeri* apresentam maior atividade reprodutiva nos meses de verão e outono e, as fêmeas, nos meses de verão, assim como os machos de *U. vocator*. Para as fêmeas de *U. vocator*, a maior atividade reprodutiva ocorreu nos meses de primavera e verão. Todas as espécies em estudo apresentaram diferença estatística entre ativos e inativos reprodutivamente para cada sexo, dentro de cada estação do ano.



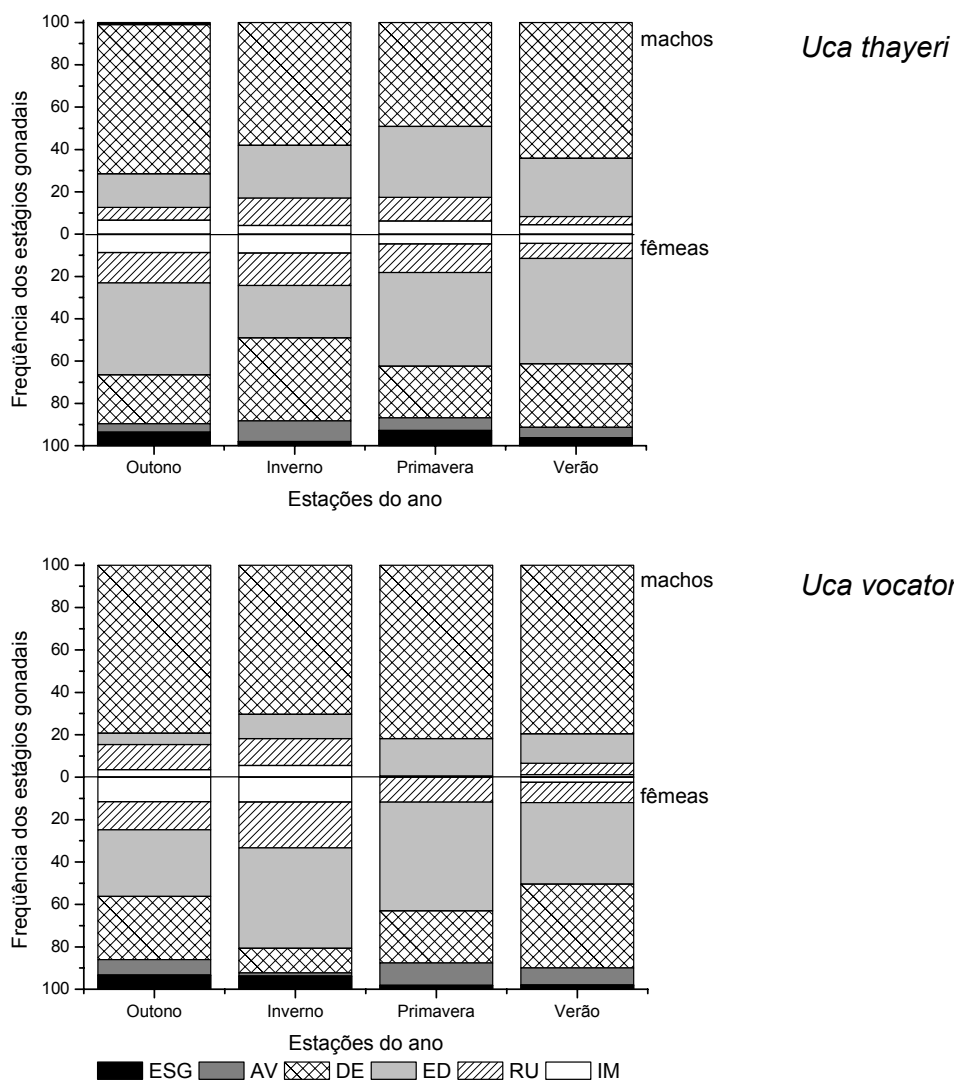


Figura 3: Barras compostas da frequência (%) dos estágios gonadais de machos e fêmeas nas estações do ano (IM = imaturo; RU = rudimentar; ED = em desenvolvimento; DE = desenvolvido; ESG = esgotado).

Tabela 1: Resultados sobre a quantidade de machos e fêmeas ativos reprodutivamente, por estação do ano. Valores com, pelo menos, uma letra em comum, dentro de cada espécie, não diferem estatisticamente ($\alpha = 0,05$).

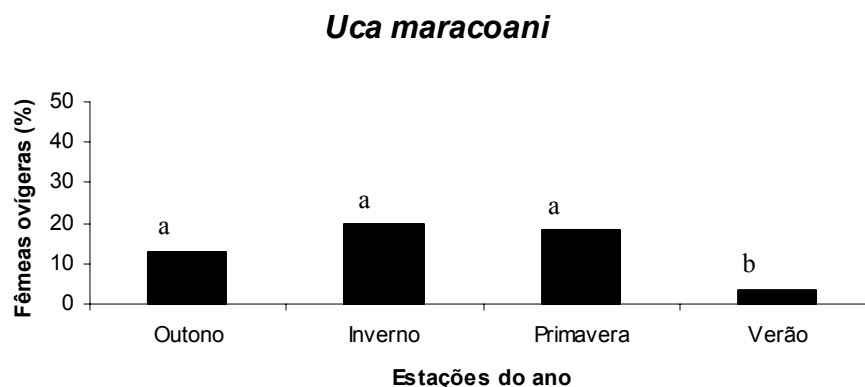
| Espécie Estação do ano | <i>Uca maracoani</i> | | <i>Uca thayeri</i> | | <i>Uca vocator</i> | |
|---------------------------|----------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|
| | % M | % F | % M | % F | % M | % F |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|------------------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Outono | 86,80 a | 58,12 b | 86,45 ab | 70,52 b | 84,52 c | 68,60 b |
| Inverno | 85,17 a | 63,32 ab | 82,90 b | 73,68 b | 81,74 c | 60,47 b |
| Primavera | 89,36 a | 70,18 a | 82,59 b | 74,59 b | 93,37 b | 86,00 a |
| Verão | 84,80 a | 64,71 ab | 91,67 a | 84,70 a | 99,37 a | 86,42 a |

M = machos; F = fêmeas; ar = ativos reprodutivamente.

A proporção de fêmeas ovíferas encontrada para *U. maracoani* foi estatisticamente menor nos meses de verão e, para *U. thayeri*, foi menor nos meses de outono e inverno, apresentando diferença estatística. Para *U. vocator*, não foram registradas fêmeas ovíferas no inverno, e as outras estações não diferiram estatisticamente (figura 4).

Para as três espécies estudadas, foram registrados caranguejos em atividade de muda em todas as estações do ano. A proporção de caranguejos em atividade de muda recente foi sempre inferior à proporção de caranguejos intermuda. Para *U. maracoani*, a maior proporção de caranguejos em atividade de muda ocorreu no inverno, apesar de não diferir estatisticamente dos meses de outono e verão. Para *U. thayeri*, as maiores frequências de caranguejos em atividade de muda recente ocorreram no outono e inverno e, para *U. vocator*, ocorreram nos meses de inverno e verão (figura 5).



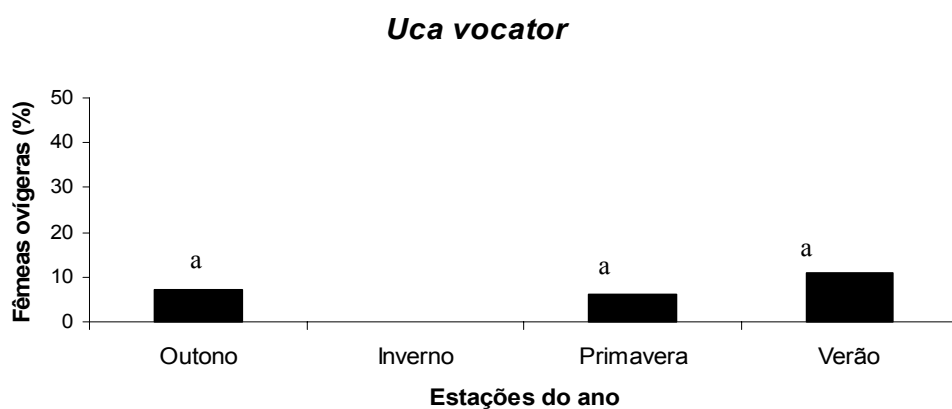
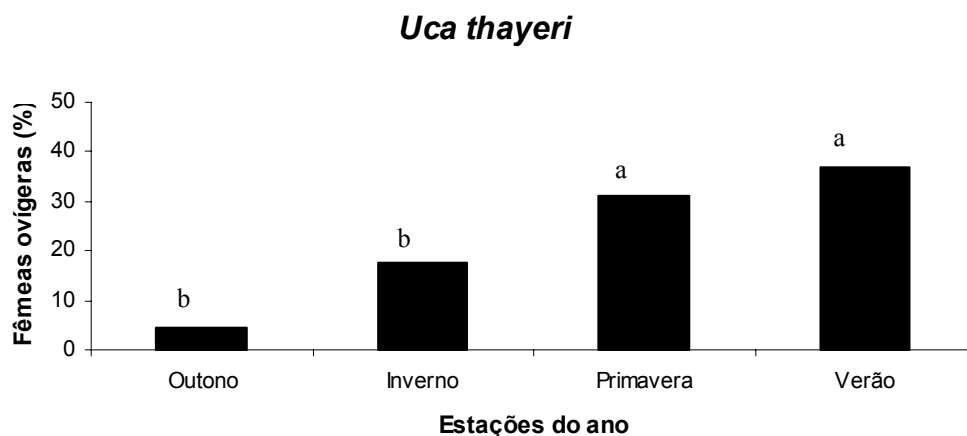
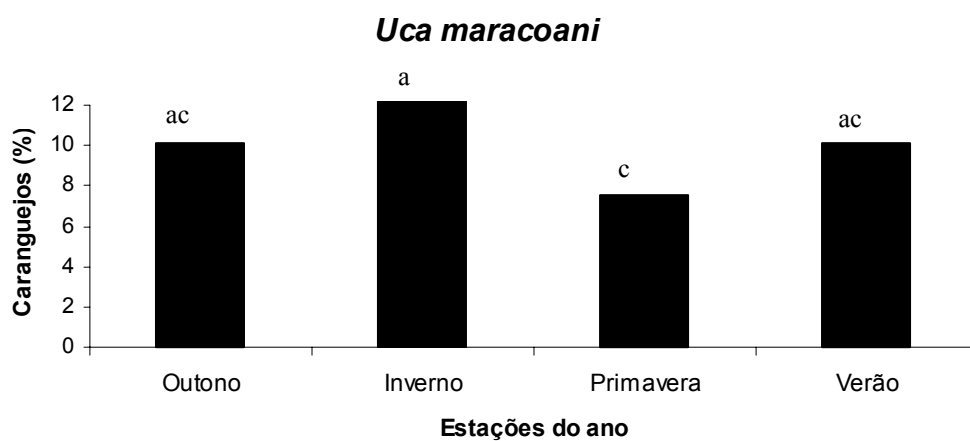


Figura 4: Porcentagem de fêmeas ovíferas na população de fêmeas adultas, por estações do ano. Barras, com pelo menos uma letra em comum, para cada espécie, não diferem estatisticamente, entre as estações do ano ($\alpha = 0,05$).



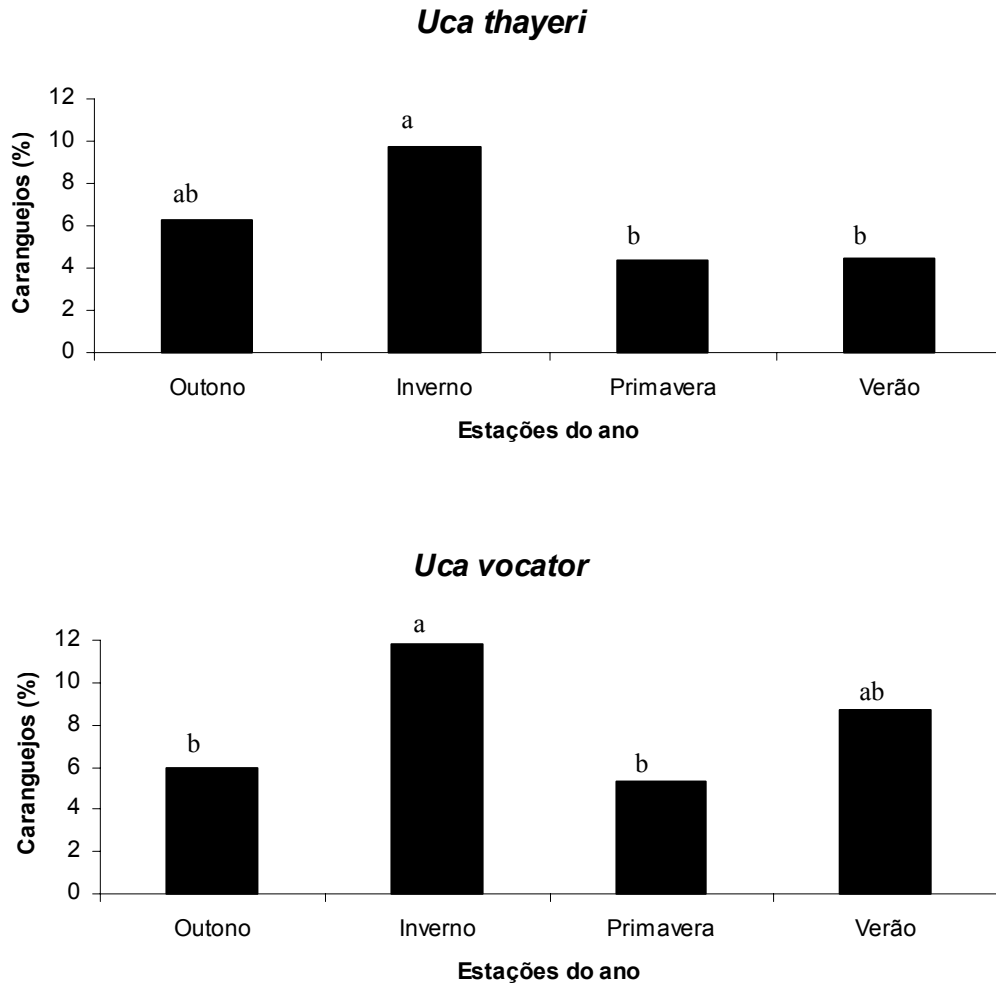


Figura 5: Frequência de caranguejos em atividade de muda recente, ao longo das estações do ano. Barras, com pelo menos uma letra em comum, para cada espécie, não diferem estatisticamente, entre as estações do ano ($\alpha = 0,05$).

Discussão

Discussão

Os diversos fatores que influenciam o ciclo reprodutivo podem ser endógenos ou exógenos, ou, ainda, uma interação entre eles. A maioria das espécies de caranguejos ocipodídeos apresenta reprodução sazonal como por exemplo, *U. lactea* (de Haan, 1835), *U. pugilator* (Bosc, 1802), *U. pugnax* (Smith, 1870), *Machrophtalmus japonicus* (de Haan, 1836), *Scopimera globosa* (de Haan, 1835) e *Ilyoplax stevensi* (Kemp, 1919); estudadas por Koga *et al.*, 2000; Christy & Salmon, 1984; Greenspan, 1982; Henmi, 1989; Snowden *et al.*, 1991,

respectivamente. O período reprodutivo nesses caranguejos pode estar relacionado às mudanças sazonais de temperatura, fotoperíodo e/ou disponibilidade alimentar. Entretanto, espécies como *Macrophthalmus grandidieri* A. Milne-Edwards, 1867 e *U. leptodactyla* Rathbun, 1898 reproduzem-se durante todo o ano (Emmerson, 1994; Cardoso, 2003).

De acordo com Hartnoll & Gould (1988), os braquiúros desempenham uma ampla variedade de estratégias reprodutivas. Os caranguejos violinistas, que são adaptados a viverem em regiões tropicais e subtropicais, são ativos ao longo de todo o ano, podendo ser encontrados caranguejos em atividade reprodutiva em todos os meses, pois as condições ambientais são, permanentemente, favoráveis à alimentação, ao desenvolvimento gonadal e à liberação das larvas (Thurman II, 1985; Emmerson, 1994; Costa & Negreiros-Fransozo, 2003; Colpo & Negreiros-Fransozo, 2004, Litulo, 2005; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2006).

As três espécies aqui estudadas apresentaram gônadas desenvolvidas em todas as estações do ano, ou seja, têm atividade reprodutiva durante o ano todo (reprodução contínua). Os machos de *U. maracoani* têm atividade reprodutiva indiferenciada entre as estações do ano e as fêmeas parecem diminuir a atividade reprodutiva no outono. Analisando-se a quantidade de fêmeas ovígeras nesta espécie, observa-se que a menor taxa de fêmeas ovígeras foi registrada no verão, sugerindo-se que as outras estações possam ser mais favoráveis ao desenvolvimento embrionário (Hirose, 2005). O verão também foi a estação com menores taxas de matéria orgânica. De acordo com Salmon & Zucker (1987), nas espécies de frente estreita, as fêmeas podem incubar os ovos dentro ou fora das tocas e, geralmente, alimentam-se quando ovígeras. Isto poderia sugerir que a maioria das fêmeas de *U. maracoani* permaneceram entocadas quando ovígeras, devido à baixa disponibilidade de alimento e às altas temperaturas que as regiões tropicais apresentam nos meses de verão, principalmente, na praia lodosa onde esta espécie vive, onde não há presença de vegetação. Porém, foi possível observar fêmeas ovígeras fora das tocas durante o período de coleta, o que demonstra que estas fêmeas estariam alimentando-se, quando ovígeras.

Em *U. thayeri*, observou-se que, para os machos, a atividade reprodutiva é maior nos meses de verão e outono e, para as fêmeas, a atividade é significativamente maior nos meses de verão, quando também foi registrada a maior taxa de fêmeas ovígeras. O fato de esta espécie apresentar reprodução contínua, com picos mais pronunciados nos meses mais quentes, já foi, anteriormente, registrado por Costa & Negreiros-Fransozo (2003), para uma população da Praia Dura, em Ubatuba, SP. De acordo com Salmon (1987), as espécies de frente intermediária têm comportamento similar às espécies de frente estreita, ou seja, podem ou não permanecer entocadas e se alimentarem quando ovígeras. Neste caso, esta espécie estaria se alimentando normalmente quando ovígera, mesmo com altas temperaturas, pois a vegetação existente no local oferece proteção à dessecação e, também, à predação. Associações entre temperatura e reprodução podem estar relacionadas com melhores condições para o desenvolvimento das larvas após a eclosão, em termos de disponibilidade alimentar ou condições mais favoráveis para o crescimento. Entretanto, para as espécies tropicais com reprodução contínua, a reprodução pode estar associada com outros fatores e não apenas à temperatura (Santos & Negreiros-Fransozo, 1999).

Para *U. vocator*, ambos os sexos apresentam maior atividade reprodutiva nos meses de verão. Para as fêmeas, a atividade reprodutiva não difere entre os meses de verão e primavera. Apesar desta espécie também apresentar um ciclo contínuo de reprodução, não foram encontradas fêmeas ovígeras no inverno, quando a atividade reprodutiva também diminui. Nas outras estações do ano, a taxa de fêmeas ovígeras registradas foi baixa. Isto corrobora o estudo realizado por Christy & Salmon (1991), que sugerem que as espécies de frente larga não se alimentam e permanecem em suas tocas durante todo o período de incubação dos ovos. Durante o presente estudo, constatou-se, também, que estas fêmeas permanecem em tocas geralmente “plugadas”, ou “tampadas”, o que dificulta a visualização das mesmas.

Para espécies do gênero *Uca*, a massa de ovos não é totalmente recoberta pelo abdome durante o período de incubação, sendo que uma quantidade de ovos fica exposta, sujeitos à perda e à dessecação, como já observado para *Uca rapax* estudada por Castiglioni & Negreiros-Fransozo (2006). Este fato poderia justificar a quantidade de fêmeas ovígeras amostradas durante todo o ano (menos de 20% para *U. maracoani* e *U. vocator* e menos de 40% para *U. thayeri*). Salmon (1987), também, observou que fêmeas de caranguejos violinistas podem incubar ovos no interior das tocas, protegendo, assim, a massa de ovos de condições ambientais extremas.

A periodicidade reprodutiva é bastante estudada em caranguejos do gênero *Uca* (Pillay & Nair, 1971; Christy, 1982; Colby & Fonseca, 1984; Thurman II, 1985; Murai *et al.*, 1987; Spivak *et al.*, 1991; Emmerson, 1994; Mouton & Felder, 1995; Colpo, 2001; Yamaguchi, 2001; Costa & Negreiros-Fransozo, 2003; Litulo, 2004). Sastry (1983) observou que a maioria das espécies de caranguejos tropicais tem estações reprodutivas prolongadas, quando comparadas com maiores latitudes ou reproduzem-se continuamente, isto é, ao longo do ano todo, como ocorreu com as três espécies no presente estudo.

A proporção de caranguejos em atividade de muda recente apresentou uma pequena taxa (<15%) ao longo do ano, para as três espécies estudadas. Esta baixa proporção é esperada para caranguejos terrestres e semiterrestres, considerando que os períodos que antecedem à muda os expõe à predação e dessecação (Bliss, 1968; Christy & Salmon, 1984; Koga *et al.*, 2000 e Benetti *et al.*, no prelo). As espécies de caranguejos semiterrestres copulam durante o estágio de intermuda, em ambos os sexos, quando ocorre a descalcificação do opérculo genital das fêmeas, em contraste aos braquiúros essencialmente aquáticos, nos quais, em sua maioria, a cópula se restringe a um curto período de tempo, após a muda da fêmea (Bliss, 1968; Greenspan, 1982). As três espécies estudadas neste trabalho apresentam estes mesmos padrões, o que explica a elevada abundância de caranguejos em intermuda e com gônadas desenvolvidas, em todas as estações do ano.

Referências

Referências

- Ahmed, M. & Mustaqin, J. 1974. Population structure of porcellanid crabs (Decapoda: Amomura) occurring on the coast of Karachi. *Marine Biology* 26: 173-182.
- Benetti, A.S.; Negreiros-Fransozo, M.L. & Costa, T.M. no prelo. Population and reproductive biology of *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) in three subtropical mangroves. *Revista de Biologia Tropical*, Costa Rica.
- Bliss, D. 1968. Transition from water to land in decapod crustaceans. *American Zoologist* 8: 355-392.

- Cardoso, R.C.F. 2003. *Biologia populacional comparativa de Uca leptodactyla Rathbun, 1898 (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) nos manguezais dos rios Indaiá e Ubatumirim, Ubatuba, SP.* 118p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Castiglioni, D.S & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Physiological sexual maturity of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in Ubatuba, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (2): 239-248.
- Christy, J.H. 1982. Adaptive significance of semilunar cycles of larval release in fiddler crabs (Genus *Uca*): test of an hypothesis. *Biological Bulletin* 163: 251-263.
- Christy, J.H. & Salmon, M. 1984. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). *Biological Review* 59: 483-509.
- Christy, J.H. & Salmon, M. 1991. Comparative studies of reproductive behavior in mantis shrimps and fiddler crabs. *American Society of Zoologists* 31: 329-337.
- Cobo, V.J. & Fransozo, A. 2005. Physiological maturity and relationships of growth and reproduction in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Brachyura, Grapsidae) on the coast of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (1): 219-223.
- Colby, D. & Fonseca, M. 1984. Population dynamics, spatial dispersion and somatic growth of the sand fiddler crab *Uca pugilator*. *Marine Ecology Progress Series* 16: 262-279.
- Colpo, K.D. 2001. *Biologia populacional comparativa de Uca vocator (Herbst, 1804) em três localidades do litoral norte paulista.* 104p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Colpo, K.D. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2004. Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina* 68 (1): 139-146.
- Costa, T.M. 2000. Ecologia de caranguejos semiterrestres do gênero *Uca* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) de uma área de manguezal, em Ubatuba (SP). 121p. *Tese de Doutorado*. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

- Costa, T.M.C. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana* 71(6): 615-627.
- Costa, T.M. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2003. Population Biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical south American mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. *Crustaceana* 75 (10): 1201-1218.
- Crane, J. 1975. *Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: Genus Uca*. New Jersey: Princeton University Press, 736p.
- Curi, P.R. & Moraes, R.V. 1981. Associação, homogeneidade e contrastes entre proporções em tabelas contendo distribuições multinomiais. *Ciência e Cultura* 33 (5):.
- Drach, P. & Tchernigovtzeff, C. 1967. Sur la méthode de détermination des stades d'intermue et son application générale aux crustacés. *Vie et Milieu* 18 (3a): 595-610.
- Emmerson, W.D. 1994. Seasonal breeding cycles and sex ratios of eight species of crabs from Mgazana, a mangrove estuary in Transkei, southern Africa. *Journal of Crustacean Biology* 14 (3): 568-578.
- Greenspan, B.N. 1982. Semi-monthly reproductive cycles in male and female of fiddler crabs, *Uca pugnax*. *Animal Behaviour* 30: 1084-1092.
- Guimarães, F.J. 2002. *Biologia populacional e reprodutiva do caranguejos Eurytium limosun (Say, 1818) (Crustacea, Decapoda, Xanthidae)*. 122p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Haefner Jr., P.A. 1976. Distribution, reproduction and moulting of the rock crab, *Cancer irroratus* Say, 1917, in the mid-Atlantic bight. *Journal of Natural History* 10: 377-397.
- Hartnoll, G.R. & Gould, P. 1988. Brachyura life history strategies and the optimization of egg production. *Symposium Zoological. Society of London* 59: 151-156.
- Henmi, Y. 1989. Reproductive ecology of three Ocypodid crabs. II. Incubation sites and egg mortality. *Ecological Research* 4: 261-269.
- Hirose, G.L. 2005. *Biologia de Uca maracoani Latreille, 1802-1803 (Brachyura, Ocypodidae) em uma área estuarina subtropical do sudoeste brasileiro*. 78p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

- Icely, J.D. & Jones, D.A. 1978. Factors affecting the distribution of the genus *Uca* (Crustacea, Ocypodidae) on an East African Shore. *Estuarine and Coastal Marine Science* 6: 315-325.
- Jones, M.B. & Simons, M.J. 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). *Bulletin of Marine Science* 33 (3): 656-670.
- Koga, T., Murai, M., Goshima, S. & Poovachiranon, S. 2000. Underground mating in the fiddler crab *Uca tetragonon*: the association between female life history traits and male mating tactics. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 248: 35-52.
- Litulo, C. 2004. Reproductive aspects of a tropical population of the fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards, 1837) (Brachyura: Ocypodidae) at Costa do Sol Mangrove, Maputo Bay, southern Mozambique. *Hydrobiologia* 525:167-173.
- Litulo, C. 2005. Breeding season of the hermit crab *Dardanus deformis* H. Milne Edwards, 1836 (Anomura, Diogenidae) in Maputo Bay, southern Mozambique. *Journal of Natural History* 39 (23): 2137-2144.
- Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Plêiade. 604p.
- Mouton, E.C.J. & Felder, D.L. 1995. Reproduction of the fiddler crabs *Uca longisignalis* and *Uca spinicarpa* in a Gulf of Mexico Salt Marsh. *Estuaries* 18(3): 469-481.
- Murai, M., Goshima, S. & Henmi, Y. 1987. Analysis of the mating system of the fiddler crab, *Uca lactea*. *Animal Behaviour* 35: 1334-1342.
- Negreiros-Fransozo, M.L. & Fransozo, A. 1992. Estrutura populacional e relação com a concha dem *Pagurites tortugae* Schmitt, 1933 (Decapoda, Diogenidae), no litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil. *Naturalia* 17: 31-42.
- Negreiros-Fransozo, M.L., Fransozo, A. & Bertini, G. 2002. Reproductive cycle and recruitment period of *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) at a sandy beach in southeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 22(1): 157-161.
- Pillay, K.K. & Nair, N.B. 1971. The annual reproductive cycles of *Uca annulipes*, *Portunus pelagicus* and *Metapenaeus affinis* (Decapoda, Crustacea) from the South-west coast of India. *Marine Biology* 11: 152-166.

- Rosenberg, M.S. 2001. The Systematics and Taxonomy of fiddler Crabs: A Phylogeny of the Genus *Uca*. *Journal of Crustacean Biology* 21(3): 839-869.
- Salmon, M. & Zucker, N. 1987. Interpreting differences in the reproductive behavior of fiddler crabs (Genus *Uca*). In: Nato Workshop: *Behavioural Adaptation to Intertidal Life* 1-2.
- Salmon, M. 1984. The courtship, aggression and mating system of a "primitive" fiddler crab (*Uca vocans*: Ocypodidae). *Transactions of the Zoology Society of London* 37: 1-50.
- Salmon, M. 1987. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. *Journal of Crustacean Biology* 7 (1): 25-44.
- Santos, S. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1999. Reproductive cycle of the swimming crab *Portunus spinimanus* Latreille (Crustacea, Decapoda, Brachyura) from the Ubatuba, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 16 (4): 1183-1193.
- Sastry, A.N. 1983. *Ecological aspects of reproduction*. P. 179-270. In: Vernberg, F.J. & Vernberg, W.D (Ed.). *The Biology of Crustacea. Vol. 8. Environmental adaptations*. Academic Press.
- Seiple, W. 1979. Distribution, habitat preferences and breeding periods in the crustaceans *Sesarma cinereum* and *S. reticulatum* (Brachyura: Decapoda: Grapsidae). *Marine Biology* 52: 77-86.
- Snowden, R.J., Clayton, D.A. & Taher, E.Y. 1991. Population biology of *Ilyoplax stevensi* (Brachyura: Ocypodidae) on a Kuwait mudflat. *Marine Ecology Progress Series* 71: 219-225.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistic in biological research*. State University of New York at Stony Brook (3rd ed.): 887 p.
- Spivak, E.D., Gavio, M.A. & Navarro, C.E. 1991. Life history and structure of the words southernmost *Uca* population: *Uca uruguayensis* (Crustacea, Brachyura) in Mar Chiquita Lagoon (Argentina). *Bulletin of Marine Science* 48 (3): 679-688.
- Teal, J.M. 1958. Distribution of the fiddler crabs in Georgia salt marshes. *Ecology* 39:185-193.
- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Research* 25: 1-45.
- Thurman II, C.L. 1985. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). *Biological Bulletin* 169: 215 – 229.

Yamaguchi, T., 2001. The breeding period of the fiddler crab, *Uca lactea* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae) in Japan. *Crustaceana* 74: 285-293.

Warner, G.F. 1977. *The Biology of Crabs*. Elek Science. 202p.

Wenner, A.M., Fusaro, C. & Oaten, A. 1974. Size at on set of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Canadian Journal of Zoology* 52 (9): 1095–1106.

Capítulo III:

Produção e incubação dos ovos em três
espécies do gênero *Uca* (Crustacea,
Brachyura, Ocypodidae) provenientes de
manguezais tropicais

Resumo

Resumo

Entre os caranguejos do gênero *Uca*, encontram-se espécies de frente larga, estreita e intermediária. Nestas espécies são observados diferentes comportamentos reprodutivos. Este trabalho visou investigar os mecanismos de produção e incubação dos ovos nas espécies *U. maracoani* (frente estreita), *U. thayeri* (frente intermediária) e *U. vocator* (frente larga), considerando as hipóteses existentes na literatura. Os caranguejos foram obtidos por meio da técnica de amostragem por esforço de captura (2 pessoas/30 minutos), no período de maré baixa, desde maio/03 a dezembro/04, nos manguezais de Jabaquara, em Paraty/RJ e Cavalão e Ubatumirim, em Ubatuba/SP. Todos os caranguejos tiveram mensurada a largura da carapaça e registrou-se a condição ovígera das fêmeas. Algumas fêmeas tiveram os ovos contados (para análises de fecundidade) e alguns foram mensurados (para determinar o volume). Registrou-se, ainda, o local de captura das fêmeas ovígeras e verificou-se o estágio de desenvolvimento dos ovos. O volume dos ovos para *U. maracoani* foi $0,413 \pm 0,024 \text{ mm}^3$ e $0,482 \pm 0,012 \text{ mm}^3$, para os estágios inicial e intermediário de desenvolvimento, respectivamente. Para *U. thayeri*, esses valores corresponderam, respectivamente, à $0,382 \pm 0,012 \text{ mm}^3$ e $0,417 \pm 0,015 \text{ mm}^3$ e, para *U. vocator*, foram $0,394 \pm 0,021 \text{ mm}^3$ e $0,413 \pm 0,016 \text{ mm}^3$, respectivamente. Os valores da fecundidade média obtida para *U. maracoani* foi de $49.525 \pm 27.296,68$ ovos e o índice de intensidade

reprodutiva (IIR) foi constante durante os meses do ano. Para *U. thayeri*, a fecundidade foi de $29.024,22 \pm 11.092,85$ ovos e o IIR também apresentou-se constante. A fecundidade para *U. vocator* foi de $34.717,43 \pm 5.127,71$ e o IIR apresentou uma elevação no outono e uma queda em janeiro. Para *U. thayeri*, a maior porcentagem das fêmeas ovígeras encontrava-se fora das tocas (90,6%) e a maioria carregava ovos em estágio inicial de desenvolvimento. Para *U. vocator*, a maior porcentagem das fêmeas ovígeras estava entocada (77,8%) e a maioria carregava ovos em estágio inicial de desenvolvimento. Não foi possível verificar uma relação direta com o tamanho da prole e o comportamento de incubação. No entanto, podemos concluir que existe uma relação direta entre a largura da frente e o comportamento de incubação, como já observado na literatura.

Introdução

Introdução

Os crustáceos são considerados como um grupo dominante e de sucesso, representado por um elevado número de espécies, exibindo uma grande variedade de estilos de vida e ocupando diferentes habitats. Esta grande diversidade é resultado de seus padrões de vida e estratégias reprodutivas (Sastry, 1983).

A reprodução é um evento crítico no ciclo de vida dos animais e está intimamente relacionada com a capacidade reprodutiva, a qual é definida como uma parte das energias corporais direcionadas para este propósito (López-Greco & Rodríguez, 1999).

O estudo da biologia reprodutiva de caranguejos compreende dois aspectos distintos, sendo (1) os eventos relacionados com a corte, incluindo processos que antecedem e estendem-se até o comportamento de cópula e (2) o ciclo reprodutivo de uma espécie, como, por exemplo, maturidade, desenvolvimento dos ovos e relações entre reprodução e ciclo de muda, que requerem amostragens periódicas de cada população (González-Gurriarán, 1985).

Entre os aspectos reprodutivos, a fecundidade é usada na determinação do potencial reprodutivo e estoques populacionais. Pode ser estimada pela contagem do número total de ovos exteriorizados por fêmea de determinada espécie, durante uma única

desova, em determinado período do ciclo reprodutivo (Fontelles-Filho, 1989; Negreiros-Fransozo *et al.*, 2002).

De acordo com Hines (1988), o tamanho dos ovos é o principal responsável na variação reprodutiva, o qual determina se a massa de ovos possui poucos ovos grandes ou muitos ovos, porém pequenos, resultando, assim, em uma grande variação da fecundidade em espécies de caranguejos de tamanhos equivalente, sendo que, em *Brachyura*, o tamanho do corpo das fêmeas é o principal determinante da fecundidade.

Algumas fêmeas de ocipodídeos acasalam na toca dos machos ou na superfície do substrato, o que tem sido considerado como dependente do tamanho da massa de ovos de diferentes espécies (Christy & Salmon, 1984; Henmi, 1989). Christy & Salmon (1984) sugeriram que o acasalamento na toca ocorrem em espécies que produzem grandes ninhadas, como *Uca pugilator* (Bosc, 1802) e acasalamento na superfície geralmente ocorre em espécies com pequenas ninhadas, como *U. vocans* (Linnaeus).

Entre os caranguejos do gênero *Uca*, encontram-se espécies de frente larga e de frente estreita (Crane, 1975; Christy & Salmon, 1991). Em espécies de frente larga, os machos exibem um elaborado comportamento de exibição e corte, os quais atraem as fêmeas para as suas tocas de acasalamento, e estas fêmeas produzem grandes ninhadas, uma vez. O acasalamento, a ovulação e a incubação de fêmeas que produzem grandes ninhadas ocorrem dentro da toca, pois, para proteger sua grande e exposta ninhada, as fêmeas de frente larga usualmente param de se alimentar e permanecem em suas tocas por volta de duas semanas, até a eclosão das larvas (Christy & Salmon, 1991).

Em espécies de frente estreita é possível observar adaptações livres de sistema de acasalamento, onde as fêmeas reproduzem-se em suas próprias tocas, as quais são utilizadas tanto para proteção como também para processos reprodutivos, e os machos disputam o modo pelo qual podem maximizar as taxas de encontros e de acasalamento com

as fêmeas (Christy & Salmon, 1991). O acasalamento nestas espécies ocorre após uma breve corte e as fêmeas podem incubar os ovos dentro ou fora das tocas (Salmon & Zucker, 1987).

De acordo com Christy & Salmon (1991), as fêmeas de frente estreita tipicamente produzem pequenas proles a cada período semilunar, alimentando-se na superfície enquanto seus ovos se desenvolvem, pelo fato de suas proles serem menores o suficiente para serem cobertas e ficarem protegidas em seu abdome.

Salmon (1987) observou que alguns caranguejos-violinistas não se encontram nestes padrões. Duas espécies do subgênero *Amphiuca* e uma espécie do subgênero *Boboruca*, a espécie *Uca thayeri*, apresentam morfologia entre frente larga e estreita, considerada “intermediária”, a qual tem comportamento similar às espécies de frente estreita.

Objetivos

Objetivo

Este trabalho tem por objetivo investigar os mecanismos de produção e incubação dos ovos nas espécies *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*, considerando as hipóteses existentes na literatura para os padrões morfológicos.

Material e Métodos

Material e Métodos

As espécies *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* foram coletadas, respectivamente, nos manguezais do rio Jabaquara, em Paraty, litoral sul do Rio de Janeiro (23°12'10,0"S e 44°43'14,1"W) e rios Ubatumirim (23°20'17,8"S e 44°53'2,2"W) e Cavalo (23°24'43"S e 45°00'73"W), litoral norte do estado de São Paulo.

A amostragem dos caranguejos foi realizada mensalmente, desde maio de 2003 até dezembro de 2004. Para garantir uma boa amostragem da área de estudo, as coletas foram realizadas em três pontos distintos do manguezal (2 pessoas durante 30 minutos, sendo 10 minutos cada ponto), por meio da técnica de esforço de captura (CPUE), no período de maré baixa.

Os espécimes coletados foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados e mantidos em caixa térmica contendo gelo picado. Em laboratório, os caranguejos foram triados, identificados de acordo com Melo (1996). Após a identificação da espécie, registrou-se o sexo e a condição ovígera das fêmeas. Para cada caranguejo, efetuaram-se, ainda, mensurações da largura da carapaça.

Para determinar os mecanismos de produção e incubação dos ovos, foram realizados os seguintes procedimentos:

Mensuração do tamanho dos ovos das três espécies em estudo

As fêmeas ovígeras tiveram o abdome removido e fixado em álcool 70%. Em laboratório, foram separadas 5 fêmeas com ovos em estágio inicial de desenvolvimento e 5 fêmeas com ovos em estágio intermediário de desenvolvimento. Sob estereomicroscópio óptico, acoplado ao sistema de imagem (axiovision, Zeiss), foram efetuadas as medidas (diâmetros) de 5 ovos para cada estágio. O volume dos mesmos foi calculado segundo Jones & Simons (1983), a partir da fórmula elipsóide $1/6 \pi I^3$, na qual I = valor médio dos diâmetros.

Para *U. vocator* e *U. thayeri*, os dados foram comparados por um teste t (Student) e, para *U. maracoani*, foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Sokal & Rohlf, 1995), ao nível de significância de 5%.

Fecundidade, índice da fecundidade e índice de intensidade reprodutiva

Para análise da fecundidade em *U. maracoani*, foram selecionadas fêmeas com ovos em estágio inicial de desenvolvimento. As massas de ovos foram separadas dos pleópodos e foram submetidas a uma solução de 1 ml de Hipoclorito de Sódio (NaClO) 5-6% (P.A.), em 100 ml de água destilada e levemente agitada por 5 minutos, para a completa dissociação dos ovos. Em seguida, os ovos foram lavados em água corrente e subamostrados utilizando-se o separador de Motoda e, posteriormente, realizou-se a contagem direta de cada subamostra com um separador mecânico manual, sob estereomicroscópio óptico.

Para as espécies *U. vocator* e *U. thayeri* foram efetuados os mesmos procedimentos e, ainda, nossos dados foram analisados juntamente com dados já obtidos em outros trabalhos (Colpo & Negreiros-Fransozo, 2003; Costa *et al.*, 2006, respectivamente).

Foi calculado o índice de fecundidade por meio da somatória do número de ovos (F) dividido pelo tamanho das fêmeas ovígeras (LC), a fim de descartar o efeito do tamanho das espécies sobre a fecundidade. As médias obtidas foram testadas, entre as espécies, por meio de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$).

Foi calculada a média do número de ovos para cada população e os dados foram plotados em um gráfico de dispersão, sendo utilizada a largura da carapaça (LC) como variável independente (função potência $y=ax^b$) (Pinheiro & Fransozo, 1995). Para a determinação do índice reprodutivo, foi utilizada a fórmula $\overline{F'} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{EN_i}{LC_i^b}$ utilizada por Pinheiro & Terceiro (2000), onde $\overline{F'}$ = fecundidade média relativa; n = número de fêmeas ovígeras nas estações do ano; EN_i = número de ovos estimados para a 1ª fêmea; b = constante da equação potência obtida na relação LC/número de ovos; LC = largura da carapaça da 1ª fêmea. Para estas análises, foram usados apenas os dados coletados no ano de 2004.

Comportamento de incubação

Durante o período de coleta, foi registrado o local de encontro das fêmeas ovígeras, ou seja, se as mesmas foram capturadas andando ou dentro das tocas. Posteriormente, em laboratório, foi verificado em que estágio de desenvolvimento se encontravam os ovos (tabela 1), por observação sob estereomicroscópio através da membrana envoltória dos ovos.

Tabela 1: Estágios de desenvolvimento dos ovos para *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* (adaptado de Costa & Negreiros-Fransozo, 1996).

| Estágios | Características |
|-----------------|---|
| Inicial | Ovos de coloração laranja (por conter muito vitelo) |
| Intermediário | Ovos apresentam cor marrom clara e, sob estereomicroscópio, já é possível visualizar olhos compostos. |
| Final | Ovos marrom-escuro e zoea completamente |

desenvolvida, sob estereomicroscópio ótico.

Resultados

Resultados

Mensuração do tamanho dos ovos das três espécies em estudo

A forma dos ovos para as espécies *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* é elíptica, e apresenta diferença estatística no volume (mm^3) entre os estágios de desenvolvimento embrionário inicial e intermediário, nas três espécies estudadas. Para *U. maracoani*, o volume dos ovos foi $0,413 (\pm 0,024) \text{ mm}^3$ no estágio inicial e $0,482 (\pm 0,012) \text{ mm}^3$ no estágio intermediário. Para *U. thayeri*, esses respectivos valores foram $0,382 (\pm 0,012) \text{ mm}^3$ e $0,417 (\pm 0,015) \text{ mm}^3$ e, para *U. vocator*, foram $0,394 (\pm 0,021) \text{ mm}^3$ e $0,413 (\pm 0,016) \text{ mm}^3$, respectivamente (figura 1).

Fecundidade, índice de fecundidade e índice reprodutivo

Para a espécie *U. maracoani*, utilizaram-se 29 fêmeas ovígeras para as análises de fecundidade. O tamanho médio das fêmeas ovígeras utilizadas foi $28,7 \pm 4,01 \text{ mm}$ de LC. A fecundidade média obtida foi de $49525,24 \pm 27296,68$ ovos/fêmea e a dispersão dos pontos teve melhor ajuste na função potência representada pela equação $F=0,128LC^{3,799}$ ($r^2=0,843$) (figura 2). O índice de fecundidade obtido foi $1644,61 \pm 705,09$, indicando que existe uma grande variação no número de ovos para esta espécie (figura 3). O índice de intensidade reprodutiva (IIR) apresentou-se praticamente constante, com pequenas variações durante os meses do ano (figura 4).

Para *U. thayeri*, utilizaram-se 45 fêmeas ovígeras, sendo 14 coletadas para o presente estudo e 31 coletadas para o trabalho de Costa *et al.* (2006). O tamanho médio das

fêmeas ovígeras utilizadas foi $19,6 \pm 2,42$ mm de LC. A fecundidade média obtida para esta espécie foi $29024,22 \pm 11092,85$ ovos/fêmea e a dispersão dos pontos teve melhor ajuste na função potência representada pela equação $F=24,474LC^{2,361}$ ($r^2=0,532$) (figura 2). O índice de fecundidade obtido foi $1696,55 \pm 267,84$ (figura 3) e o índice de intensidade reprodutiva (IIR) para esta espécie, também, apresentou-se praticamente constante, com pequeno pico no mês de maio (outono) e pequenas variações durante os outros meses do ano (figura 4).

Para a espécie *U. vocator*, utilizaram-se 28 fêmeas ovígeras, sendo 12 coletadas para o presente estudo e 16 coletadas no trabalho de Colpo & Negreiros-Fransozo (2003). O tamanho médio das fêmeas ovígeras utilizadas foi $21,3 \pm 2,23$ mm de LC. A fecundidade média obtida para esta espécie foi $34717,43 \pm 5127,71$ ovos/fêmea e a dispersão dos pontos teve melhor ajuste na função potência representada pela equação $F=2998LC^{0,800}$ ($r^2=0,400$) (figura 2). O índice de fecundidade obtido foi $1634,25 \pm 35,39$, demonstrando uma pequena variação no número de ovos dentro desta espécie (figura 3). O índice de intensidade reprodutiva (IIR) para esta espécie apresentou-se constante. Não há dados para os meses de julho à novembro, por não terem sido registradas fêmeas ovígeras nesse período (figura 4).

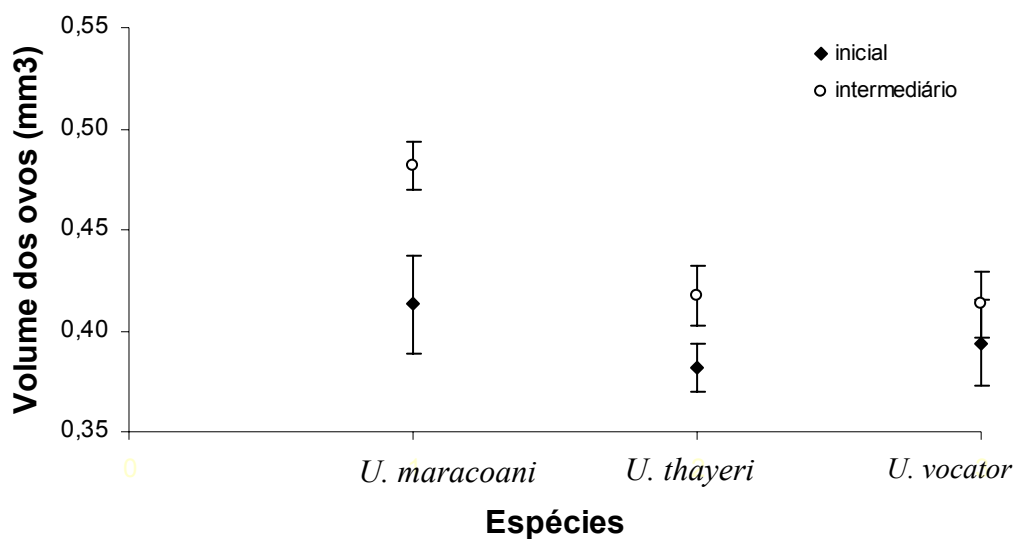


Figura 1: Volume dos ovos (mm³) nos estágios inicial e intermediário de desenvolvimento, para *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*.

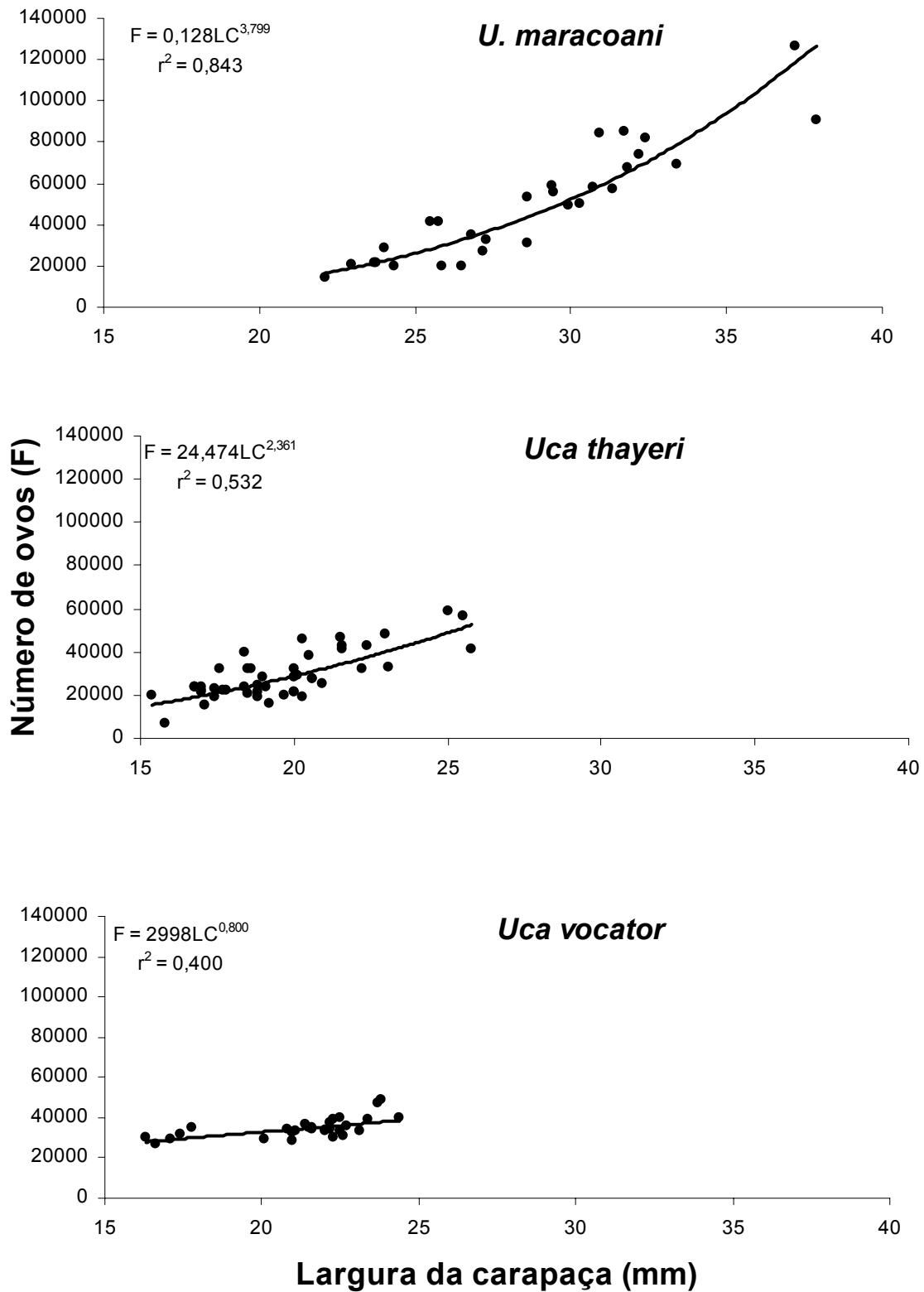


Figura 2: Relação entre a largura da carapaça (mm) e número de ovos (F) para *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* (F = número de ovos por fêmea; LC = largura da carapaça; r^2 = coeficiente de determinação).

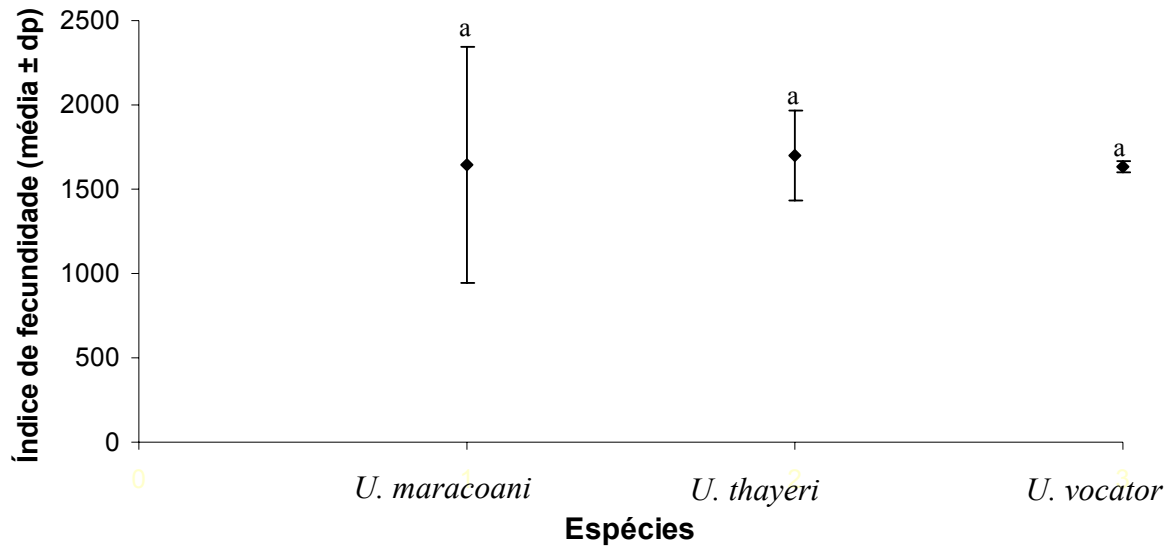


Figura 3: Índice de fecundidade (média ± dp) para *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*.

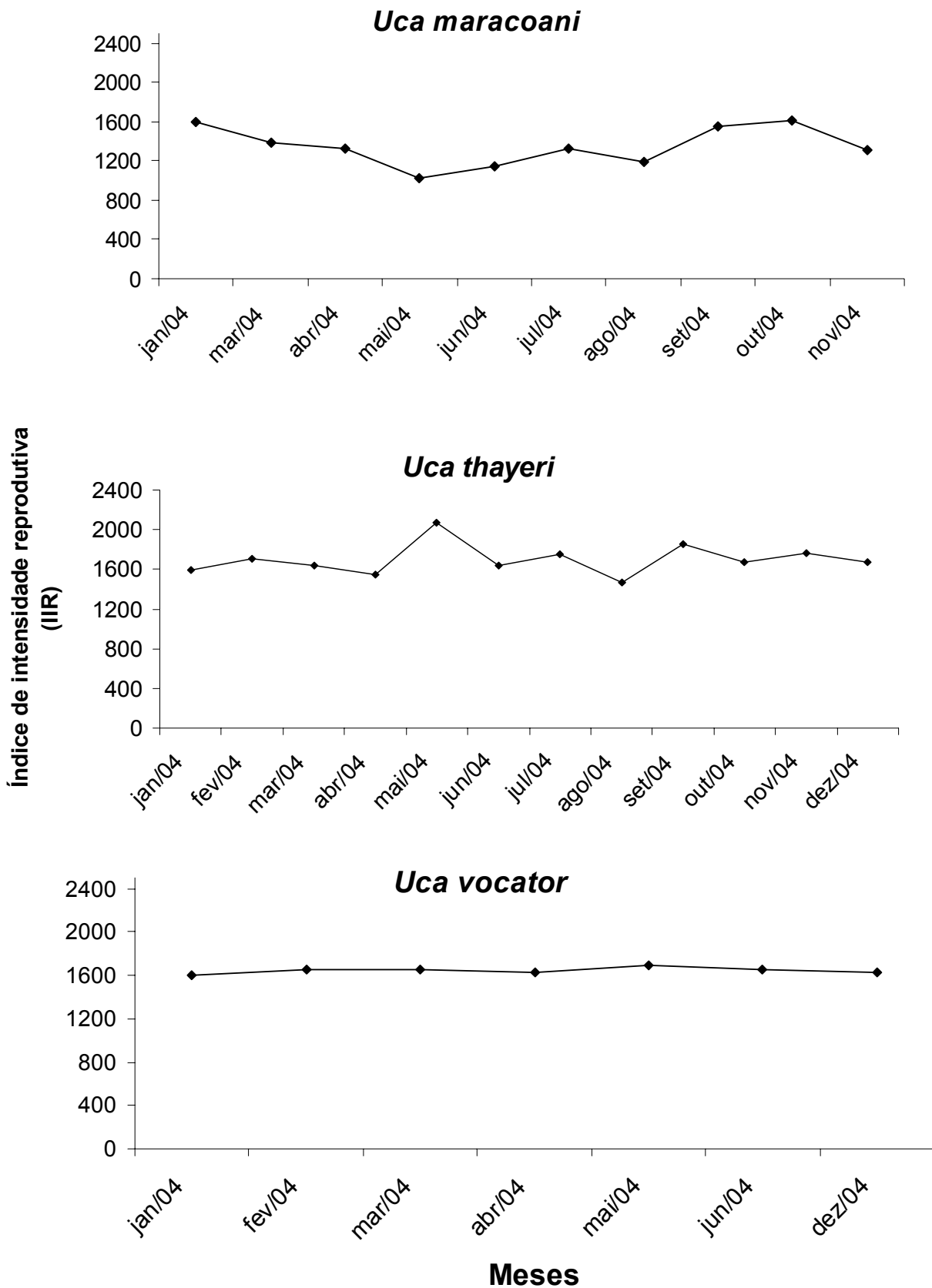


Figura 4: Índice de intensidade reprodutiva (IIR) encontrado durante os meses do ano de 2004, para as espécies *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*.

Comportamento de incubação

Para analisar o comportamento de incubação dos ovos, ou seja, se as fêmeas permanecem dentro ou fora das tocas, enquanto ovígeras, foram utilizados dados de 191 fêmeas ovígeras de *U. thayeri* e 18 fêmeas ovígeras de *U. vocator*. Para a espécie *U. maracoani* não foi realizado este estudo, pois as mesmas encontram-se em um substrato bastante lodoso e, ao sentirem a vibração no sedimento, direcionam-se, imediatamente, para suas tocas. Apesar disso, em observações visuais momentos antes da coleta, foi possível verificar a presença de várias fêmeas ovígeras caminhando sobre o substrato.

Para *U. thayeri* foi possível verificar que a maior porcentagem de fêmeas ovígeras encontrava-se fora das tocas (90,6%) e, ainda, a maioria destas fêmeas carregava ovos em estágio inicial de desenvolvimento (84,4%) (tabela 2). No local de coleta, observaram-se algumas tocas com “chaminé”, ou seja, uma protuberância de sedimento acima do solo, na abertura da toca, onde encontravam-se algumas fêmeas ovígeras. Todas as fêmeas capturadas dentro da toca ou dentro de tocas com chaminé carregavam ovos em estágio inicial de desenvolvimento embrionário (tabela 2).

Tabela 2: *Uca thayeri*. Dados referentes ao local de captura das fêmeas ovígeras, relacionados ao estágio de desenvolvimento dos ovos. N = número de fêmeas ovígeras.

| Local de captura | N | Estágio de desenvolvimento dos ovos | | |
|----------------------------|-------------|-------------------------------------|---------------|-----------|
| | | inicial | Intermediário | final |
| Dentro da toca | 8 (4,2%) | 8 (100%) | 0 | 0 |
| Dentro da toca com chaminé | 10 (5,2%) | 10 (100%) | 0 | 0 |
| Fora da toca | 173 (90,6%) | 146 (84,4%) | 13 (7,5%) | 14 (8,1%) |

Para *U. vocator*, a maior porcentagem de fêmeas ovígeras foi capturada dentro da toca (77,8%) e, destas, a maioria (71,4%) carregava ovos em estágio inicial de desenvolvimento embrionário (tabela 3). Todas as fêmeas ovígeras encontradas fora da toca carregavam ovos em estágio final de desenvolvimento.

Tabela 3: *Uca vocator*. Dados referentes ao local de captura das fêmeas ovígeras, relacionados ao estágio de desenvolvimento dos ovos. N = número de fêmeas ovígeras.

| Local de captura | N | Estágio de desenvolvimento dos ovos | | |
|------------------|------------|-------------------------------------|---------------|-----------|
| | | inicial | Intermediário | final |
| Dentro da toca | 14 (77,8%) | 10 (71,4%) | 2 (14,3%) | 2 (14,3%) |
| Fora da toca | 4 (22,2%) | 0 | 0 | 4 (100%) |

Discussão

Discussão

A capacidade reprodutiva de uma fêmea está diretamente relacionada com o tamanho, estado nutricional, condições ambientais (como temperatura, salinidade e fotoperíodo) e comportamento (atividade de alimentação e incubação dos ovos) (Wenner *et al.*, 1974; Christy & Salmon, 1984; Shine, 1988).

De acordo com Thurman II (1985), a fecundidade dos caranguejos violinistas pode variar, tanto no tamanho, quanto em número de ovos, conforme as condições ambientais. Além disso, essa variação pode ocorrer de acordo com a zonação das espécies no estuário. Geralmente, espécies que vivem próximas às margens dos rios produzem posturas de grande porte com muitos ovos, entretanto, espécies mais terrestres possuem menores índices de fecundidade.

No presente estudo, observou-se que a fecundidade e o tamanho dos ovos estão diretamente relacionados com o tamanho das fêmeas, sendo *U. maracoani* a espécie que apresentou maior tamanho médio de LC, maior fecundidade e ovos maiores, enquanto *U. thayeri* apresentou menor tamanho, menor fecundidade e ovos menores. Tais resultados estão de acordo com alguns estudos já realizados (Du Preez & McLachlan, 1984; Hines, 1988; Negreiros-Fransozo *et al.*, 2002), os quais verificaram que o número de ovos que uma fêmea carrega varia de acordo com seu tamanho e as fêmeas, que investem em grandes posturas, possuem um alto potencial reprodutivo.

Houve, também, um aumento no volume dos ovos do estágio inicial para o intermediário de desenvolvimento. Este fato é comum, como consequência da absorção de água pelo ovo, a fim de facilitar a liberação larval (Wear, 1974; Santos & Negreiros-Fransozo, 1997).

A figura 3 demonstra que não existe diferença estatística no índice de fecundidade entre as espécies, porém, é possível verificar que *U. maracoani* é a espécie que

apresenta maior variação no número de ovos, seguido por *U. thayeri*. O número de ovos parece ser praticamente constante para *U. vocator*. Este fato ocorre por *U. maracoani* e *U. thayeri* serem espécies ativas durante a incubação, o que favorece a perda de ovos principalmente por atrito com o sedimento. A pequena variação encontrada para *U. vocator* é esperada, uma vez que as espécies de frente larga permanecem em suas tocas durante todo o período de incubação, prevenindo a perda de ovos (Salmon, 1987; Christy & Salmon, 1984; 1991).

Algumas espécies costumam apresentar picos reprodutivos ou, até mesmo, reproduzem-se somente durante os meses de temperaturas mais elevadas (p.ex.: *U. lactea*, estudada por Yamaguchi, 1971; *U. pugilator*, estudada por Christy, 1982; *U. tangeri*, estudada por Rodríguez *et al.*, 1997). Porém, outras espécies reproduzem continuamente ao longo do ano (p.ex.: *Macrophthalmus grandidieri*, estudada por Emmerson, 1994; *U. vocator*, estudada por Colpo & Negreiros-Fransozo, 2003; *U. uruguayensis*, estudada por Costa *et al.*, 2006). O índice de intensidade reprodutiva evidenciou que as três espécies aqui estudadas apresentam atividade reprodutiva constante ao longo do ano.

De acordo com Salmon (1987), as fêmeas ovígeras de *U. thayeri* constroem tocas diferenciadas, em forma de “chaminé”. Esse autor encontrou que 65% das fêmeas residentes nessas tocas estavam ovígeras, e que os machos raramente ocupam tocas com chaminés. Em nossas observações, verificamos poucas fêmeas ovígeras de *U. thayeri* entocadas, mas, dessas, a maioria (55,5%) encontrava-se em tocas com chaminé. Salmon (1987) observou, ainda, que as fêmeas ovígeras de *U. thayeri* com ovos em estágio final de desenvolvimento nunca foram abundantes nas amostras, provavelmente devido ao fato do desenvolvimento proceder muito rápido nesse estágio. Em nossas amostras, também encontramos poucas fêmeas ovígeras nesse estágio, corroborando com as observações daquele autor.

Christy & Salmon (1984) sugeriram que a produção da prole evolui paralelamente à evolução da incubação dos ovos dentro das tocas. Fêmeas de ocípodídeos

como *U. pugilator*, *U. lactea*, *Ilyoplax pusillus* e *Scopimera globosa*, as quais produzem grandes ninhadas, vivem na região superior dos estuários e raramente alimentam-se quando incubam (Christy, 1978; Murai *et al.*, 1987; Henmi & Kaneto, 1989). Em contraste, fêmeas de *U. vocans* e *Macrophthalmus japonicus*, que produzem ninhadas pequenas, vivem em regiões inferiores dos estuários e alimentam-se ativamente quando ovíferas (Salmon, 1984; Henmi, 1989).

Salmon & Zucker (1987) propuseram que, com a isolação do Atlântico e do Pacífico durante o Oligoceno, as espécies de caranguejos violinistas de frente larga e estreita, ambas do Indo-Pacífico e Novo Mundo, foram isoladas, e que sua evolução, desde então, levou a uma maior diferenciação até mesmo dentro de um único subgênero.

Crane (1975) e Christy & Salmon (1984; 1991) registraram que as espécies de frente larga não se alimentam durante a incubação e que as fêmeas dessas espécies produzem grandes ninhadas de uma só vez. Os machos atraem as fêmeas para suas tocas, por meio de uma elaborada corte; a cópula e a incubação dos ovos nessas espécies acontecem dentro da toca dos machos. Christy (1983) observou que a escolha de um companheiro, pelas fêmeas, é baseada na qualidade da toca do macho.

Christy & Salmon (1984) registraram que as fêmeas de frente larga podem incubar ovos dentro das tocas por duas razões: (1) proteger as massas de ovos de condições extremas e (2) fornecer um ambiente uniforme e, portanto, promover a sincronia entre o desenvolvimento embrionário e período de liberação das larvas.

Nas espécies de frente estreita, as fêmeas ocupam e defendem suas próprias tocas, que também são usadas como locais de reprodução. A cópula é breve e, geralmente, ocorre na superfície, próximo à toca das fêmeas. A incubação dos ovos, frequentemente, ocorre na superfície e as fêmeas alimentam-se normalmente, enquanto ovíferas (Christy & Salmon, 1984; Salmon, 1987).

No presente estudo as três espécies evidenciaram os padrões acima relatados. Somente 18 fêmeas ovígeras de *U. vocator* (frente larga) foram obtidas durante as amostras e, destas, apenas 22% estavam fora da toca e apresentavam ovos em estágio final de desenvolvimento, o que provavelmente indica que estas fêmeas estariam se deslocando até próximo da água para liberação larval. A grande maioria (77,8%) das fêmeas ovígeras observadas para esta espécie encontrava-se entocada. Devemos ressaltar que esta baixa amostragem de fêmeas ovígeras certamente se dá ao comportamento geral das espécies de frente larga, nas quais as fêmeas permanecem em tocas geralmente plugadas, sendo difícil a observação no ambiente lamacento e úmido em que vivem. Note-se que tanto para *U. rapax*, estudada por Castiglioni & Negreiros-Fransozo (2006) como *U. burgersi*, estudada por Benetti *et al.* (no prelo), ambas de frente larga, o número de fêmeas ovígeras encontrado foi extremamente baixo.

Para *U. thayeri*, foi possível observar um grande número de fêmeas ovígeras durante as amostragens. Isto provavelmente indica que estas fêmeas alimentam-se mesmo estando ovígeras, independente do estágio de desenvolvimento dos ovos. Costa *et al.* (2006) também encontrou um elevado número de fêmeas ovígeras desta espécie. Este fato concorda com os estudos realizados por Salmon (1987), no qual o autor refere-se que o comportamento reprodutivo das espécies de frente intermediária segue os padrões descritos para as espécies de frente estreita. Em nossas observações sobre *U. maracoani* (frente estreita) durante as amostragens, podemos afirmar que estas espécies andam e alimentam-se enquanto ovígeras, pois foi possível visualizar diversas fêmeas ovígeras “passeando” no substrato, de maneira similar aos estudos de Christy & Salmon (1984).

Não se detectou uma relação direta do tamanho da prole com o comportamento de incubação, uma vez que as três espécies estudadas apresentaram grandes ninhadas. No entanto, podemos concluir que existe uma relação direta entre a largura da frente e o comportamento de incubação, conforme indicado por diversos autores (Christy & Salmon,

1984 e 1991; Salmon, 1987; Salmon & Zucker, 1987; Henmi & Kaneto, 1989; Henmi *et al.*, 1993; Murai *et al.*, 1995; Costa & Negreiros-Fransozo, 2003; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2006; Benetti *et al.*, no prelo).

Referências

Referências

- Benetti, A.S.; Negreiros-Fransozo, M.L. & Costa, T.M. no prelo. Population and reproductive biology of *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) in three subtropical mangroves. *Revista de Biologia Tropical*, Costa Rica.
- Castiglioni, D.S & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Physiological Sexual Maturity of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in Ubatuba, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (2): 239-248.
- Christy, J.H. & Salmon, M. 1984. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). *Biological Review* 59: 483-509.
- Christy, J.H. & Salmon, M. 1991. Comparative studies of reproductive behavior in mantis shrimps and fiddler crabs. *American Society of Zoologists* 31: 329-337.
- Christy, J.H. 1978. Adaptative significance of reproductive cycles in the fiddler crab *Uca pugilator*: a hypothesis. *Science* 199: 453-455.
- Christy, J.H. 1982. Adaptative significance of semilunar cycles of larval release in fiddler crabs (Genus *Uca*): test of an hypothesis. *Biological Bulletin* 163: 251-263.
- Christy, J.H. 1983. Female choice in the resource-defense mating system of the sand fiddler crab, *Uca pugilator*. *Behaviour Ecology and Sociobiology* 12: 169-180.
- Colpo, K.D. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2003. Reproductive output of *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangroves in Brazil. *Crustaceana* 76 (1): 1 – 11.
- Costa, T.M. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1996. Fecundidade de *Callinectes danae* Smith, 1969. (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região de Ubatuba (SP), Brasil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 39 (2): 393-400.
- Costa, T.M. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2003. Population Biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical south American mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. *Crustaceana* 75 (10): 1201-1218.

- Costa, T.M.; Silva, S.M.J. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *Uca uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (1): 117-123.
- Crane, J. 1975. *Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: Genus Uca*. New Jersey, University Press, 736p.
- Du Preez, H.H. & McLachlan, A. 1984. Biology of three-spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Haan). III. Reproduction, fecundity and egg development. *Crustaceana* 47 (3): 285-297.
- Emmerson, W.D. 1994. Seasonal breeding cycles and sex ratios of eight species of crabs from Mgazana, a mangrove estuary in Transkei, southern Africa. *Journal of Crustacean Biology* 14 (3): 568-578.
- Fonteles-Filho, A.A., 1989. *Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional*. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará. 296p.
- González-Gurriarán, E. 1985. Reproducción de la nécora *Macropipus puber* (L.) (Decapoda, Brachyura) y ciclo reproductivo en la Ría Arousa (Galicia, NW, España). *Boletín del Instituto de Oceanografía* 2 (1): 10-32.
- Hemni, Y. & Kaneto, M. 1989. Reproductive ecology of three Ocypodid crabs. I. The influence of activity differences on reproductive traits. *Ecological Research* 4: 17 – 29.
- Henmi, Y., Koga, T. & Murai, M. 1993. Mating behavior of the sand bubbler crab *Scopimera globosa*. *Journal of Crustacean Biology* 13 (4): 736-744.
- Henmi, Y. 1989. Reproductive ecology of three Ocypodid crabs. II. Incubation sites and egg mortality. *Ecological Research* 4: 261-269.
- Hines, A.H. 1988. Fecundity and reproductive output in two species of deep-sea crabs *Geryon fenneri* and *G. quinquidens* (Decapoda, Brachyura). *Journal of Crustacean Biology* 8 (4): 557–562.
- Jones, M.B. & Simons, M.J. 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). *Bulletin of Marine Science* 33 (3): 656-670.
- López-Greco, L.S. & Rodrigues, E.M. 1999. Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). *Cahiers de Biologie Marine* 40: 155–164.

- Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Plêiade. 604p.
- Murai, M., Goshima, S. & Henmi, Y. 1987. Analysis of the mating system of the fiddler crab, *Uca lactea*. *Animal Behaviour* 35: 1334-1342.
- Murai, M., Koga, T., Goshima, S. & Poovachiranon, S. 1995. Courtship and the evolution of underground mating in *Uca tetragon* (Decapoda: Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology* 15 (4): 655-658.
- Negreiros-Fransozo, M.L., Fransozo, A. & Bertini, G. 2002. Reproductive cycle and recruitment period of *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) at a sandy beach in southeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 22 (1): 157-161.
- Pinheiro, M.A.A. & Fransozo, A. 1995. Fecundidade de *Pachycheles haigae* Rodriguez da Costa, 1960 (Crustacea, Anomura) em Ubatuba (SP). *Revista Brasileira de Biologia* 55: 623 – 631.
- Pinheiro, M.A.A. & Terceiro, O.S.L. 2000. Fecundity and reproductive output of the speckled swimming crab *Aranaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura, Portunidae). *Crustaceana* 73 (9): 1121-1137.
- Rodríguez, A.; Drake, P. & Arias, A.M. 1997. Reproductive periods and larval abundance patterns of the crabs *Panopeus africanus* and *Uca tangeri* in a shallow inlet (SW Spain). *Marine Ecology Progress Series* 149: 133-142.
- Salmon, M. & Zucker, N. 1987. Interpreting differences in the reproductive behavior of fiddler crabs (Genus *Uca*). In: Nato Workshop: *Behavioural Adaptation to Intertidal Life* 1-2.
- Salmon, M. 1987. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. *Journal of Crustacean Biology*, 7(1): 25-44.
- Santos, S. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1997. Fecundity in *Portunus spinimanus* Latreille, 1819 (Crustacea, Brachyura, Portunidae) from Ubatuba, São Paulo, Brazil. *Interciência* 22 (5): 259-263.
- Sastry, A.N. 1983. *Ecological aspects of reproduction*. P. 179-270. In: Vernberg, F.J. & Vernberg, W.D (Ed.). *The Biology of Crustacea. Vol. 8. Environmental adaptations*. Academic Press.

- Salmon, M. 1984. The courtship, aggression and mating system of a “primitive” fiddler crab (*Uca vocans*: Ocypodidae). *Transactions of the Zoology Society of London* 37: 1-50.
- Salmon, M. & Zucker, N. 1987. Interpreting differences in the reproductive behavior of fiddler crabs (Genus *Uca*). In: Nato Workshop: *Behavioural Adaptation to Intertidal Life* 1-2.
- Shine, R. 1988. The evolution of large body size in females: a critique of Darwin’s “fecundity advantage” model. *The American Naturalist*, 131 (1): 124 – 131.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistic in biological research* (3rd ed.): 1-887. (W. H. Freeman and Company., New York).
- Thurman II, C.L. 1985. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). *Biological Bulletin*, 169: 215 – 229.
- Yamaguchi, T., 1971. Courtship behavior of a fiddler crab, *Uca lactea*. *Kumamoto Journal of Science Biology* 10 (1): 13-37.
- Wear, R.G. 1974. Incubation in British decapod Crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *Journal of Marine Biology* 54: 745-762.
- Wenner, A.M., Fusaro, C. & Oaten, A. 1974. Size at on set of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Canadian Journal of Zoology* 52 (9): 1095 – 1106.

Capítulo IV:

Morfologia dos espermatozóides de três
espécies do gênero Uca (Crustacea,
Brachyura, Ocypodidae): estudo
ultraestrutural

Resumo

Resumo

O conhecimento da ultraestrutura dos espermatozoides é considerado uma importante ferramenta para subsidiar estudos filogenéticos (espermio-taxonomia). Este estudo descreve a ultraestrutura dos espermatozoides de *Uca maracoani*, *Uca thayeri* e *Uca vocator*. Fragmentos do vaso deferente de machos adultos foram fixados em solução específica, seguindo o processamento convencional para microscopia eletrônica de transmissão e de varredura. As análises ultraestruturais do vaso deferente revelaram imagens de espermatozoides embebidos em uma matriz extracelular, dentro de estruturas esféricas envoltas por membrana (espermatóforos). O espermatozoide maduro apresenta-se aflagelado, com acrossoma caracterizado por três camadas distintas. Apenas em *U. thayeri* não foi observado botão apical, como visto em todas as outras espécies do gênero. O perfurador nas três espécies é contínuo ao citoplasma e constitui-se de túbulos membranosos, tendo aspecto enovelado. Foi observado anel acessório do opérculo, que apresenta diferente grau de desenvolvimento entre as três espécies estudadas. O núcleo é constituído por cromatina fibrilar, contínuo ao citoplasma e numerosos braços nucleares foram detectados no plano equatorial da célula. O citoplasma é muito reduzido, mas foi possível visualizar alguns elementos membranosos. Foi detectado um centríolo em *U. maracoani* e dois em *U. thayeri* e *U. vocator*, fato não observado anteriormente em outras espécies de *Uca*. A presente descrição da ultraestrutura do espermatozoide de *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* segue, em linhas gerais, os padrões morfológicos existentes para outras espécies de caranguejos Thoracotremata. A ausência do botão apical para *U. thayeri* pode sugerir que esta perda represente uma novidade evolutiva para o gênero *Uca*.

Introdução

Introdução

Os aspectos morfológicos dos espermatozóides, em animais marinhos, têm sido utilizados, nas últimas décadas, como um critério filogenético (Jamieson, 1989a, b, 1990; Jamieson & Tudge, 1990; Medina, 1995). Nos crustáceos decápodos (p. ex., camarões, caranguejos, lagostas e ermitões) os espermatozóides são considerados células imóveis, aflageladas, que apresentam um núcleo descondensado. Os crustáceos Brachyura possuem, ainda, um amplo acrossoma e braços radiais, cujo número pode variar entre as espécies (Medina, 1992; Medina & Rodriguez, 1992a). Em algumas espécies, tais braços parecem originar-se como extensões do núcleo e, em outras, podem ser extensões do citoplasma (Hinsch, 1986).

Os recentes estudos morfológicos da ultraestrutura de espermatozóides, em crustáceos decápodos, têm sido amplamente aceitos na filogenia e taxonomia como ferramenta para solucionar problemas de distribuição taxonômica e parentesco entre as espécies (Jamieson, 1989a, b, 1990, 1994; Jamieson & Tudge, 1990; Medina, 1995). Guinot (1977, 1991) e Guinot *et al.*, (1994) classificaram os Brachyura em três grupos superiores, levando em consideração, principalmente, a localização dos poros genitais de cada sexo: Podotremata, Heterotremata e Thoracotremata. Os caranguejos violinistas, *Uca* Leach, 1814, pertencem ao grupo dos Thoracotremata, no qual os poros genitais tanto em fêmeas como em machos encontram-se no esternito torácico (VI e VIII, respectivamente). Assim, nos Thoracotremata, as patas ambulatórias não estão relacionadas com a função reprodutiva.

Os estudos dos espermatozóides das espécies de *Uca* descritas até o presente, sendo *U. dussumieri* (H. Milne Edwards, 1852), *U. tangeri* (Eydoux, 1835) e *Uca pugilator* (Bosc 1802), estudados, respectivamente, por Jamieson (1991); Medina (1992), Medina & Rodriguez (1992 a e b) e Jamieson & Tudge (2000), demonstraram que os espermatozóides

apresentam um acrossoma amplo e esférico, citoplasma reduzido e núcleo com aspecto filamentosos, do qual se estendem numerosos braços radiais.

Apesar dos diversos estudos realizados para o conhecimento do esperma dos Brachyura, as características morfológicas dos espermatozoides do gênero *Uca* (Ocypodidae) (Jamieson & Tudge, 1990) são, ainda, pouco conhecidas, principalmente com respeito aos estudos comparativos entre os diferentes padrões do gênero.

Nas águas do Atlântico Ocidental, frente à costa brasileira, são encontrados 3 gêneros da família Ocypodidae (*Ocypode* Weber, 1795; *Uca* e *Ucides* Rathbun, 1897), sendo que, para o gênero *Uca*, são encontradas 10 espécies. Dentre estas, foram selecionadas *Uca maracoani* (Latreille, 1802-1803), cuja ocorrência abrange o Atlântico ocidental e se distribui nas Antilhas, Venezuela, Guianas e no Brasil, onde são encontradas desde o Maranhão até o Paraná (Melo, 1996); *U. thayeri* (Rathbun, 1900), encontrada desde a Florida, Golfo do México, Antilhas, Guatemala, Panamá, Venezuela e Brasil, até o Estado de Santa Catarina (Melo, 1996); e *U. vocator* (Herbst, 1804), encontrada desde o Golfo do México, América Central, Antilhas, Guianas e Brasil, até Santa Catarina (Melo, 1996). Para estas espécies, já são conhecidos alguns aspectos em relacionados à biologia reprodutiva, entre os quais podemos destacar: Colpo & Negreiros-Fransozo (2003) (ciclo reprodutivo de *U. vocator*); Negreiros-Fransozo *et al.*, (2003) (maturidade sexual em *U. thayeri*); Costa *et al.*, (2006) (fecundidade de *U. thayeri*) e Massunari *et al.*, (2005) (maturidade sexual em *U. maracoani*). Porém, todos os estudos anteriores basearam-se em análises morfológicas macroscópicas, particularmente das gônadas, permanecendo a necessidade de um esclarecimento pormenorizado sobre os aspectos morfológicos ultraestruturais.

Objetivos

Objetivo

Considerando a importância da utilização da morfologia de espermatozoides em estudos taxonômicos e na definição fisiológica da maturidade (Jamieson, 1991; Medina, 1995; Jamieson *et al.*, 1995; Jamieson & Tudge, 2000), este estudo visou a descrição ultraestrutural dos espermatozoides de *Uca maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*. Uma comparação dos resultados obtidos com os das espécies de Brachyura já estudados anteriormente, também é apresentada.

Material e Métodos

Material e Métodos

Machos adultos com gônadas desenvolvidas das espécies *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* foram coletados nos manguezais do rio Jabaquara (23°12'10,0"S e 44°43'14,1"W), no município de Paraty, Estado do Rio de Janeiro, e dos rios Ubatumirim (23°20'17,8"S e 44°53'2,2"W) e Cavalão (23°24'43"S e 45°00'73"W) na cidade de Ubatuba, Estado de São Paulo, respectivamente. Pequenos fragmentos do vaso deferente de cada espécie foram inicialmente fixados em solução modificada de Karnovsky (glutaraldeído 2% e paraformaldeído 4% em tampão fosfato 0,1M pH 7,3) durante 24 horas, a 4°C.

Procedimento para Microscopia Eletrônica de Transmissão:

O vaso deferente de cada uma das espécies em estudo, após a fixação inicial em solução modificada de Karnóvski, foram submetidos ao seguinte protocolo:

- Pós-fixação em tetróxido de ósmio 1% no mesmo tampão (2h),
- Incubação em acetato de uranila 0,5% em solução aquosa (2h),
- Desidratação em sequência crescente de soluções de acetona,
- Embebição e inclusão em resina (Araldite®)

Os cortes de 0,5µm foram corados em mistura de azul de metileno 1% e azul II 1% em solução de bórax 1%. Dos blocos selecionados foram obtidos cortes ultrafinos, corados com solução saturada de acetato de uranila em álcool 50% e citrato de chumbo. As observações foram realizadas em Microscópio Eletrônico de Transmissão CM100, da Philips, e documentadas com filme 35mm Eastman-5302, (Kodak).

Procedimento para Microscopia Eletrônica de Varredura:

O vaso deferente das espécies em estudo, após fixação inicial em solução de glutaraldeído 2,5%, foi, então, submetido ao seguinte protocolo:

- Lavagem em tampão fosfato 0,1 M pH 7,3 (3x de 5 minutos);
- Pós-fixação em tetróxido de ósmio 1% no mesmo tampão (30 minutos);
- Desidratação em seqüência crescente de soluções de álcool etílico;
- Secagem em aparelho ponto crítico CPD 020 (Balzer Union), com CO₂

líquido;

- Colagem dos materiais em suportes apropriados (stubs);
- Metalização em aparelho MED 010 (Balzer Union), com camada de 10

nm de ouro.

As observações foram realizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura QUANTA-200, da FEI COMPANY, com voltagens variando de 10-20 kV e documentadas digitalmente.

As descrições das ultraestruturas dos espermatozóides estão apresentadas a partir da região mais interna para a externa e um modelo geral da ultraestrutura do espermatozóide está esquematizado na figura 1, baseado em eletromicrografias (figura 1).

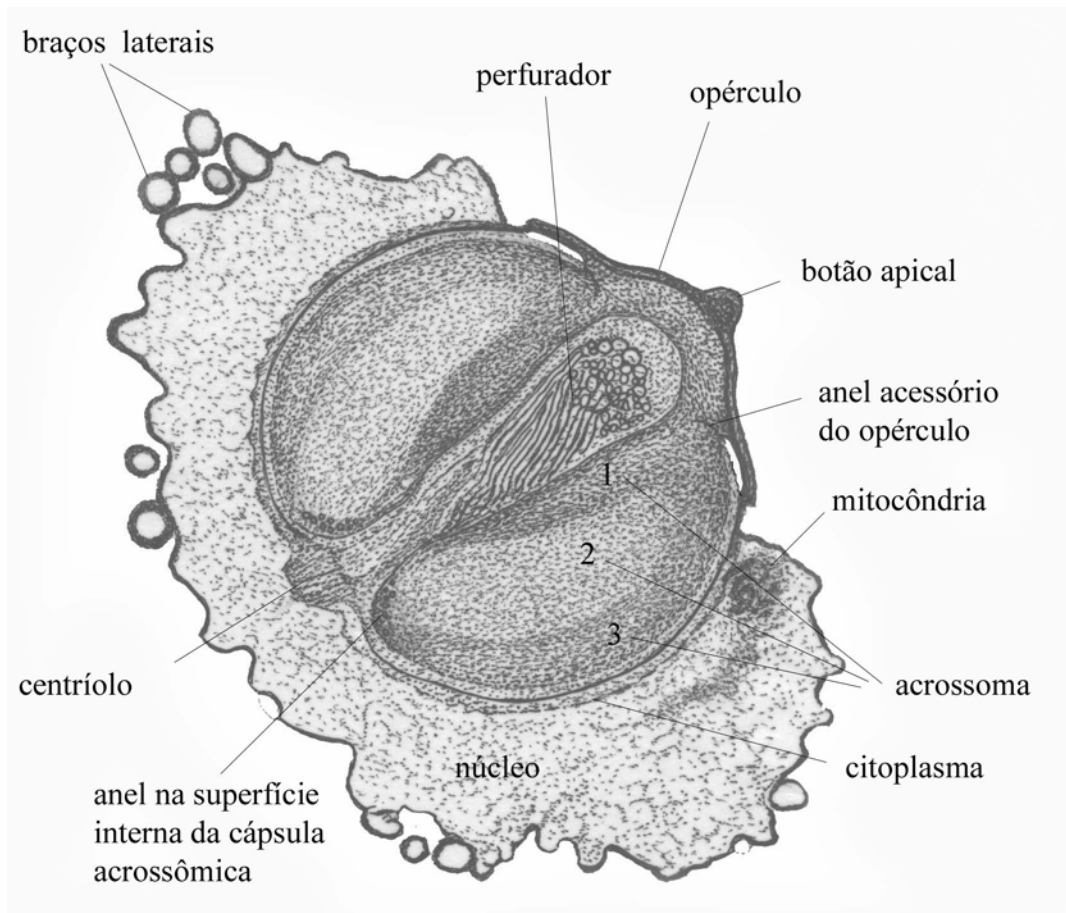


Figura 1: Representação esquemática de um espermatozóiado maduro, indicando as estruturas visualizadas no presente trabalho.

Resultados

Resultados

As análises ultraestruturais do vaso deferente de *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* revelaram que os espermatozoides encontram-se embebidos em uma abundante matriz, dentro de estruturas esféricas, rodeadas por membranas, os espermatóforos, os quais também estão embebidos em uma matriz extracelular (figuras 2, 3 e 4). A tabela 1 apresenta todos os caracteres ultraestruturais do espermatozoide e outros caracteres morfológicos das três espécies aqui estudadas

Espermatozoide maduro de U. maracoani (figura 2):

O espermatozoide de *U. maracoani* apresenta-se como uma célula aflagelada, em formato arredondado. Apresenta acrossoma volumoso, caracterizado por três diferentes camadas: a camada 1, que ocupa a região acrossômica mais interna, adjacente ao perfurador, e é contínua com a camada 3, região acrossômica mais externa, e, ainda, a camada 2, que ocupa a região intermediária do acrossoma. Estas camadas estão limitadas pela membrana acrossômica. A superfície postero-lateral do acrossoma é circundada pelo citoplasma e a superfície anterior é recoberta pelo material subopercular. A zonação do acrossoma foi considerada concêntrica em volta do perfurador, não é rugosa e apresenta anel na superfície interna da câmara acrossômica.

O opérculo não se apresenta muito amplo e nem é espesso. Apresenta-se, ainda, perfurado e fechado com botão apical. Observa-se uma estrutura nas porções laterais do opérculo, o anel acessório do opérculo. Não apresenta borda periopercular. A protuberância do material subopercular é considerada ausente, por ser recoberta pelo opérculo.

O perfurador apresenta a extremidade anterior arredondada e estende-se por toda a vesícula acrossômica, sendo determinado como pré-equatorial. Esta estrutura é

constituída por túbulos membranosos orientados de forma helicoidal e de aspecto enovelado. Material granular ou filamentosos encontra-se na base do perfurador, o qual é contínuo ao citoplasma.

O núcleo apresenta-se em formato de “taça” e é constituído de cromatina fibrosa, circundando toda a superfície lateral, latero-anterior e posterior da vesícula acrossômica. Apresenta diversos braços laterais, distribuídos por todo o plano equatorial da célula e são constituídos por cromatina fibrosa.

O citoplasma de *U. maracoani* é bastante reduzido, e está localizado entre o núcleo e o acrossoma. Apresenta centríolo na região da base do perfurador e pequenas estruturas membranosas e lamelares, as mitocôndrias, localizadas lateralmente ao acrossoma, circundando a região latero-anterior do acrossoma.

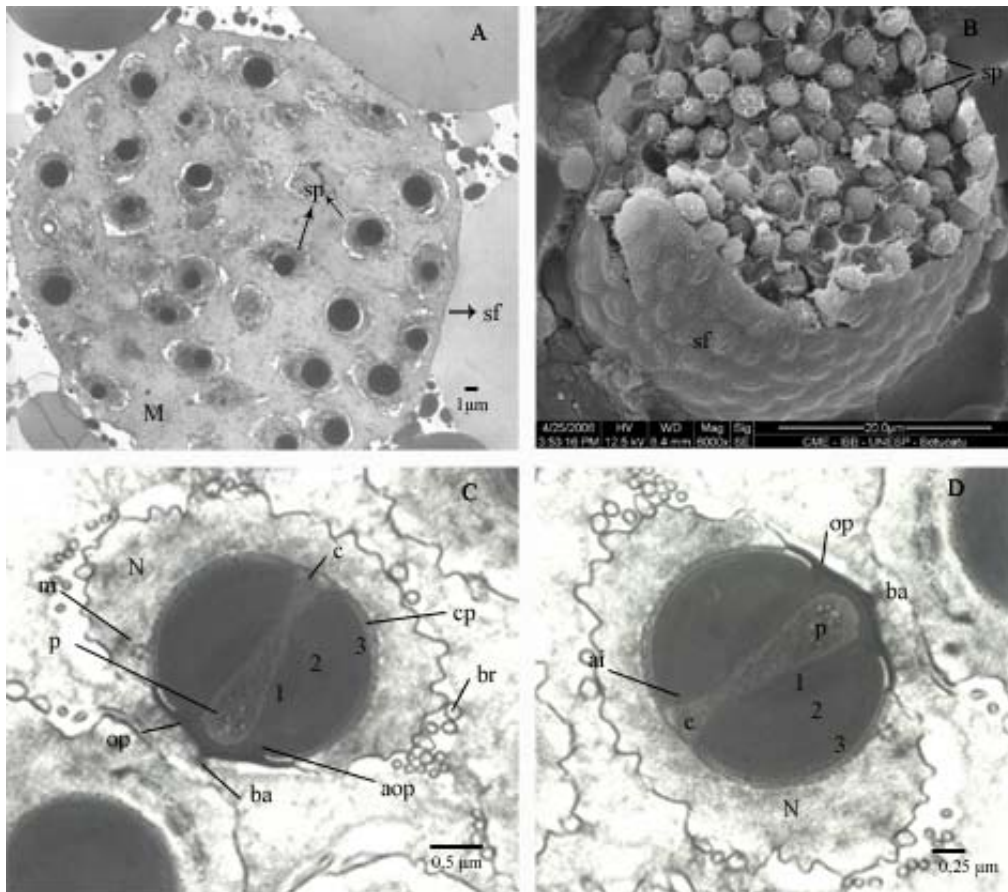


Figura 2: Imagens ultraestruturais do vaso deferente de *Uca maracoani*. Fotografias A e B: espermatóforo em M.E.T. e M.E.V., respectivamente. Fotografias C e D: espermatozóides maduros em M.E.T.

Abreviações: *M* = matriz extracelular; *sf* = espermatóforo; *sp* = espermatozóide; *m* = mitocôndria; *N* = núcleo; *c* = centríolos; *cp* = citoplasma; *br* = braços nucleares; *aop* = anel acessório do opérculo; *ba* = botão apical; *ai* = anel na superfície interna da cápsula acrossômica; *op* = opérculo; *1,2,3* = diferentes camadas da cápsula acrossômica; *p* = perfurador.

Espermatozóide maduro de U. thayeri (figura 3):

Célula de formato arredondado, aflagelada, como nas outras espécies aqui estudadas.

Acrossoma bastante volumoso, apresentando três regiões bem distintas (camadas 1, 2 e 3). A região mais interna (camada 1) e a região externa (camada 3) apresentam-se mais finas e a região intermediária (camada 2) é mais volumosa. Estas camadas estão limitadas pela membrana acrossômica.

A superfície postero-lateral do acrosoma é circundada pelo citoplasma e a anterior é recoberta pelo material subopercular. O acrossoma encontra-se concêntrico e as três zonas não são rugosas.

Diferentemente das outras espécies, o botão apical não foi encontrado.

O opérculo é moderadamente espesso e descontínuo com a cápsula; não se apresenta muito amplo e o anel acessório do opérculo parece ser menos alongado que nas outras espécies. Não apresenta borda periopercular e apresenta anel na superfície interna da câmara acrossômica. Não apresenta zona radiata e não apresenta anel “Xanthid”.

O perfurador apresenta-se estendido pré-equatorialmente pela vesícula acrossômica e a extremidade anterior é arredondada e em forma de “clava”. É constituído por túbulos membranosos de aspecto enovelado. Não apresenta irregularidades na parede interna da câmara perfuradora.

Apresenta diversos braços laterais, constituídos por conteúdo nuclear. O núcleo é constituído por cromatina fibrosa, é contínuo ao citoplasma e está ligado ao opérculo por uma membrana.

O citoplasma de *U. thayeri* é bastante reduzido, porém, aparentemente mais espesso que nas outras espécies. Localizado entre o núcleo e o acrossoma, o citoplasma apresenta centríolos na região da base do perfurador e pequenas estruturas membranosas e lamelares, as mitocôndrias, circundando a região latero-anterior do acrossoma.

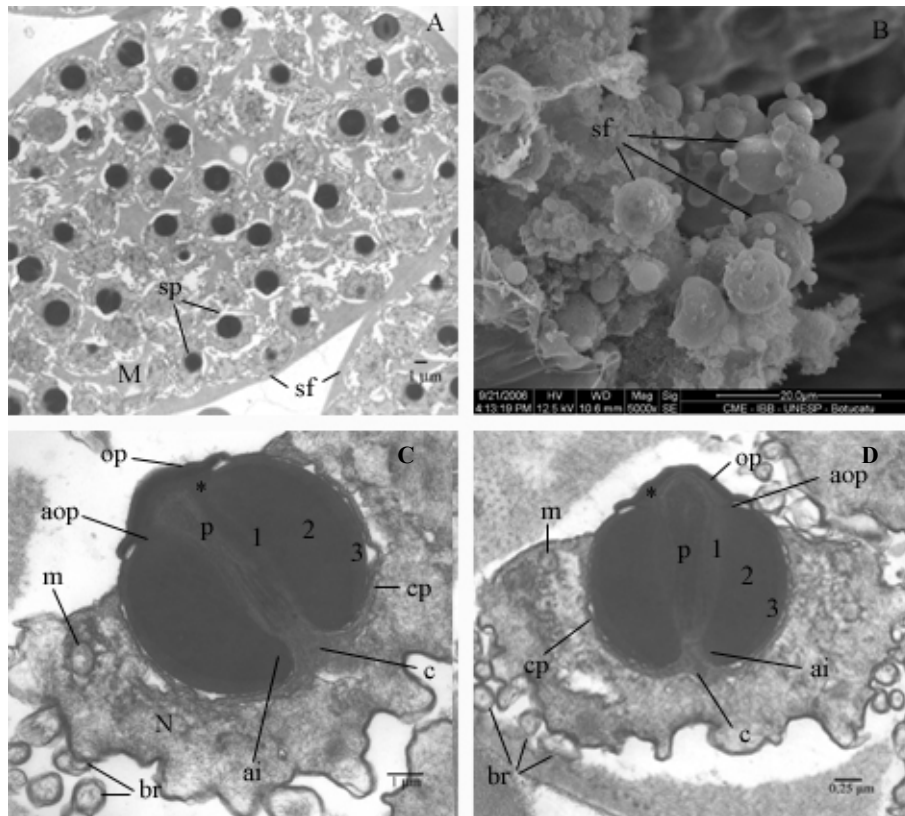


Figura 3: Imagens ultraestruturais do vaso deferente de *Uca thayeri*. Fotografias A e B: espermatóforo em M.E.T. e M.E.V., respectivamente. Fotografias C e D: espermatozóides maduros em M.E.T.

Abreviações: *M* = matriz extracelular; *sf* = espermatóforo; *sp* = espermatozóide; *m* = mitocôndria; *N* = núcleo; *c* = centríolos; *cp* = citoplasma; *br* = braços nucleares; *aop* = anel acessório do opérculo; *ai* = anel na superfície interna da cápsula acrossômica; *op* = opérculo; *1,2,3* = diferentes camadas da cápsula acrossômica; *p* = perfurador; * = perfurador em forma de “clava”.

Espermatozóide maduro de U. vocator (figura 4):

Célula aflagelada, de formato arredondado, com vesícula acrossômica concêntrica e bastante volumosa, apresentando três regiões distintas (camada 1, 2 e 3). A região mais externa (camada 3) é bastante fina e as regiões interna (camada 1) e intermediária (camada 2) são mais espessas. A superfície postero-lateral do acrossoma é circundada pelo citoplasma e a superfície anterior é recoberta pelo material subopercular. Nenhuma região apresenta-se rugosa.

O opérculo não apresenta-se bastante amplo (aparentemente mais estreito que nas outras duas espécies) e é perfurado, apresentando botão apical bem desenvolvido. A protuberância do material subopercular é recoberta pelo opérculo, sendo considerada ausente. Não apresenta borda periopercular e o anel acessório do opérculo está presente e parece ser mais alongado que nas outras espécies.

O perfurador é estendido pré-equatorialmente por toda a vesícula acrossômica e a forma anterior é arredondada. É constituído por túbulos membranosos, tem aspecto enovelado e é contínuo ao citoplasma. Como nas outras espécies aqui estudadas, apresenta anel na superfície interna da cápsula acrossômica.

O núcleo constitui-se de cromatina fibrosa e também é contínuo ao citoplasma, sendo ligado ao opérculo por uma pequena membrana. Apresenta diversos braços laterais, distribuídos por todo o plano equatorial do espermatozóide, constituídos pelo mesmo material do núcleo.

O citoplasma do espermatozóide de *U. vocator* é bastante reduzido, contínuo ao núcleo, e tem uma pequena extensão na parte superior do núcleo, próximo ao opérculo, onde foi possível visualizar pequenas estruturas membranosas e lamelares, as mitocôndrias, circundando esta região. Apresenta centríolos na região da base do perfurador.

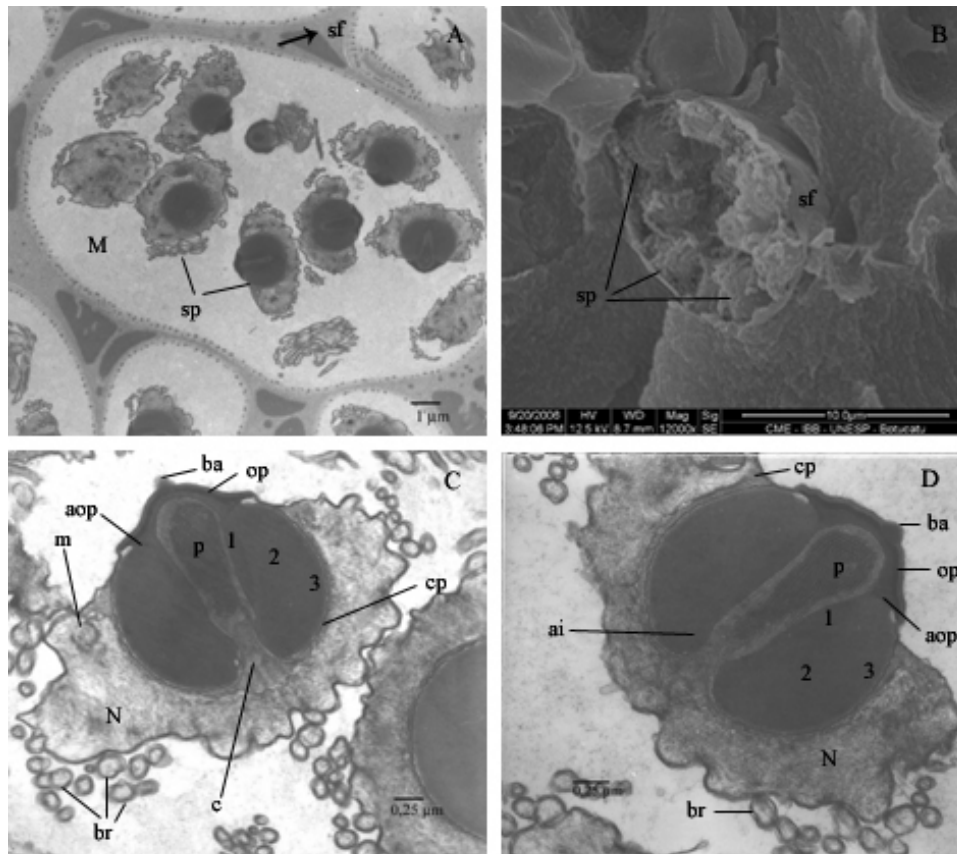


Figura 4: Imagens ultraestruturais do vaso deferente de *Uca vocator*. Fotografias A e B: espermatóforo em M.E.T. e M.E.V., respectivamente. Fotografias C e D: espermatozóides maduros em M.E.T.

Abreviações: *M* = matriz extracelular; *sf* = espermatóforo; *sp* = espermatozóide; *m* = mitocôndria; *N* = núcleo; *c* = centríolos; *cp* = citoplasma; *br* = braços nucleares; *aop* = anel acessório do opérculo; *ba* = botão apical; *ai* = anel na superfície interna da cápsula acrossômica; *op* = opérculo; *1,2,3* = diferentes camadas da cápsula acrossômica; *p* = perfurador.

Tabela 1: Caracteres da ultraestrutura do espermatozóide e os outros caracteres morfológicos para *Uca maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* (terminologia de acordo com Jamieson, 1994 e Jamieson *et al.*, 1996).

| | <i>Uca maracoani</i> | <i>Uca thayeri</i> | <i>Uca vocator</i> |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Caracteres do espermatozóide | | | |
| 1. Razão largura:comprimento do acrossoma | 0,77 | 0,84 | 0,77 |
| 2. Zonação do acrossoma | concêntrica | concêntrica | concêntrica |
| 3. Perfuração do opérculo | perfurado, com botão apical | imperfurado* | perfurado, com botão apical |
| 4. Projeções do opérculo | ausente | ausente | ausente |
| 5. Continuidade opercular com a cápsula | descontínuo | descontínuo | descontínuo |
| 6. Espessura do opérculo | moderadamente espesso | moderadamente espesso | moderadamente espesso |
| 7. Largura do opérculo | não extremamente amplo | não extremamente amplo | não extremamente amplo** |
| 8. Borda periopercular | ausente | ausente | ausente |
| 9. Anel acessório do opérculo | presente** | presente** | presente** |
| 10. Protuberância apical do material subopercular | ausente | ausente | ausente |
| 11. Raio na zona do acrossoma | perdido | perdido | perdido |
| 12. Zona externa do acrossoma | não rugosa | não rugosa | não rugosa |
| 13. Zona pálida antero-lateral | ausente | ausente | ausente |
| 14. Extensão lateral da menor zona do acrossoma | ausente | ausente | ausente |
| 15. Anel “Xanthid” | ausente | ausente | ausente |
| 16. Câmara subacrossômica do perfurador | pré-equatorialmente | pré-equatorialmente | pré-equatorialmente |
| 17. Forma da extremidade anterior do perfurador | arredondado | arredondado | arredondado |
| 18. Complicações da parede interna da câmara perfuradora | ausente | ausente | ausente |
| 19. Braços laterais | diversos | diversos | diversos |
| 20. Composição dos braços laterais | somente nuclear | somente nuclear | somente nuclear |
| 21. Centríolos | presente | presente | presente |
| 22. Processamento médio posterior do núcleo | ausente | ausente | ausente |
| 23. Anel na superfície interna da cápsula acrossômica | presente | presente | presente |
| 24. Lamelação concêntrica do acrossoma | perdido | perdido | perdido |
| 25. Câmeras capsulares | ausente | ausente | ausente |
| 26. Projeções capsulares | ausente | ausente | ausente |
| 27. Bordas capsulares | ausente | ausente | ausente |
| Outras características | | | |
| 28. Localização dos poros genitais | no esterno de machos e fêmeas | no esterno de machos e fêmeas | no esterno de machos e fêmeas |
| 29. Espermateca separada | ausente | ausente | ausente |
| 30. Redução do P5 | ausente | ausente | ausente |
| 31. P5 dorsal-subdorsal | ausente | ausente | ausente |
| 32. P5 modificado em subqueliforme-queliforme | ausente | ausente | ausente |
| 33. Sella turcica | presente | presente | presente |
| 34. Urópodos | ausente | ausente | ausente |

* = indica diferenças em *U. thayeri* comparado com *U. maracoani* e *U. vocator*

** = indica diferenças no grau de desenvolvimento entre as espécies.

Discussão

Discussão

Ultraestruturalmente, os espermatozoides maduros de *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* apresenta-se como células aflageladas, de formato esférico, com uma vesícula acrossômica volumosa, formada por três camadas, com densidades distintas e limitada externamente pela membrana acrossômica, tal como foi descrito para outras espécies de Brachyura (Hinsch, 1986, 1988 e 1990; Felgenhauer & Abele, 1990; Medina & Rodriguez, 1992a e b; Jamieson *et al.*, 1995; Medina, 1995). A combinação de caracteres para as três espécies, juntamente com outras espécies do mesmo gênero (Jamieson, 1994; Medina & Rodríguez, 1992a e b), indica um espermatozoide típico, que apresenta uma apomorfia dentro do gênero *Uca*. A espécie *U. thayeri* é a que apresenta maior diferença ultraestrutural, enquanto que o espermatozoide de *U. maracoani* e *U. vocator* são praticamente indistinguíveis, a não ser por pequenas diferenças nas dimensões (razão largura:comprimento do acrossoma; caracter 1), e do anel acessório do opérculo (caracter 9) (tabela 1).

Os espermatozoides das três espécies estudadas apresentam diversos caracteres compartilhados com outras espécies já estudadas dentro da família Ocypodidae (Medina & Rodríguez, 1992a e b; Jamieson, 1994). Tais caracteres são os seguintes: zonação do conteúdo do acrossoma (2), o qual é de acordo com Jamieson (1994), principalmente concêntrica nos Thoracotremata; o opérculo é descontínuo com a cápsula acrossômica (5), sendo que esta característica é contínua somente em três Raninidae estudados por Jamieson (1994); o opérculo apresenta-se moderadamente espesso (6) e não extremamente amplo (7); não apresentam borda periopercular (8) e não apresentam raio na zona do acrossoma (11), sendo que este caracter foi deduzido como “perdido” nos Thoracothemata (Jamieson, 1994) e a zona externa do acrossoma (12) não é rugosa; a câmara subacrossômica do perfurador (16) é estendida pré-equatorialmente; apresentam extremidade anterior do perfurador (17) arredondada e apresenta diversos braços laterais (19) compostos somente de material nuclear (20).

Todos os outros caracteres da ultraestrutura do espermatozóide e os outros caracteres morfológicos, propostos por Jamieson (1994) estão ausentes em *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*, sendo estes: poros genitais localizados no esterno de machos e fêmeas (28), o qual é uma característica dos Thoracotremata; ausência de espermoteca separada (29), não ocorre redução do 5º pereópodo (30) e o mesmo não apresenta-se modificado em queliforme-subqueliforme (32); apresentam sella turcica (33), a qual é presente em todos os Brachyura (Jamieson, 1994) e, finalmente, não apresentam urópodos. De acordo com os resultados de Jamieson (1994), estes caracteres também evidenciam sinapomorfias entre os ocipodídeos estudados até agora.

Jamieson (1994) afirmou que, nos Brachyura, a presença do botão apical (3) parece ser uma característica ambígua, podendo ou não estar ausente. Um dos principais caracteres não compartilhados entre as três espécies aqui estudadas é a ausência desta estrutura para *U. thayeri*. A ausência do botão apical foi considerada por Jamieson *et al.* (1995) como perda de uma condição básica dos Thoracotremata, e pode demonstrar um carácter apomórfico da espécie. Nos Thoracotremata, a ausência do botão apical já foi observada por Jamieson (1991), em *Macrophthalmus crassipes* H. Milne Edwards, 1852 (Ocypodidae) e Jamieson *et al.* (1996), em *Varuna litterata* (Fabricius, 1798) (Varunidae). Na literatura não há registros dessa perda para o gênero *Uca*. Jamieson (1994) e Jamieson *et al.* (1995) sugerem que uma investigação mais detalhada em Thoracotremata poderia esclarecer se o botão é ou não uma condição básica.

Jamieson (1990) observou que o raio na zona do acrossoma (11) é bem desenvolvido em pagurídeos e em alguns caranguejos da família Portunidae, Dorippidae e Xanthidae; mas, nos Thoracotremata, pode ser reduzido ou pode não ser reconhecido confiavelmente. Posteriormente, Jamieson *et al.* (1996) registrou que esta característica é ausente em Thoracotremata, sendo considerado como uma perda neste grupo, uma vez que, em Brachyura, somente os Heterotremata apresentam um “verdadeiro” raio na zona do acrossoma.

Dessa forma, a ausência desta estrutura em *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator* foi considerada como um carácter perdido.

Outra característica observada nas três espécies estudadas é a presença de centríolos (21) no citoplasma, na região da base do perfurador. Medina & Rodríguez (1992a) observaram centríolos somente nas espermatídes intermediárias e finais de *U. tangeri*, e registraram que esta estrutura se degenera no espermatozóide maduro. Jamieson (1994), também, não observou centríolos em *U. dussumieri* e em *M. crassipes* (Thoracotremata, Ocypodidae). Entretanto, Hinsch (1986) detectou que em *Ovalipes ocellatus* (Herbst, 1799) (Portunidae) e *Libinia emarginata* L. (Majidae) os centríolos são detectados ocasionalmente nos espermatozóides maduros. Do mesmo modo ocorre em *Chaceon fenneri* (Manning & Holthuis, 1984) e *C. quinquedens* (Smith, 1879) (Thoracotremata, Geryonidae), estudadas por Hinsch (1988); e *Cardisoma carnifex* (Herbst, 1794) (Thoracotremata, Gecarcinidae) e *Varuna litterata* (Thoracotremata, Varunidae) estudadas por Jamieson *et al.*, (1996). Jamieson (1994) afirmou que, a incerteza na ocorrência de centríolos no esperma de alguns braquiúros levou à exclusão deste carácter das análises de parsimônia, sem alteração das mesmas.

Uma linha curva, aderida na superfície interna da cápsula acrossômica, chamada de anel interno (23) foi detectada nas três espécies estudadas. Jamieson (1994) observou que esta estrutura está presente somente em Heterotremata e Thoracotremata, embora esteja reduzida em *Potamonautes* e perdida em caranguejos grapsídeos (Jamieson, 1991). Esta estrutura está presente, também, em outras espécies já estudadas para o gênero *Uca* (Jamieson, 1991; Medina & Rodríguez, 1992 a e b). Dentre os representantes Heterotremata já estudados, nos quais ocorre esse anel, podemos citar *Bythograea thermydron* Williams, 1980, *Austinograea alayseae* Guinot, 1990 e *Segonzacia mesatlantica* (Williams, 1980) (família Bythograeidae), estudadas por Tudge *et al.* (1998). Estes mesmos autores sugeriram que esta característica é uma sinapomorfia dos Heterotremata.

Considerando-se as características ultraestruturais dos espermatozoides de *U. maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*, podemos inferir que estas espécies seguem, parcialmente, os padrões morfológicos já descritos para outros braquiúros Thoracotremata (Hinsch, 1986; Hinsch, 1988; Hinsch, 1990; Felgenhauer & Abele, 1990; Jamieson, 1991; Medina, 1992, 1995; Medina & Rodriguez, 1992 a e b; Jamieson, 1994; Jamieson *et al.*, 1995, 1996; Tudge *et al.*, 1998). Com referência à ausência do botão apical no espermatozoide de *U. thayeri*, pode-se sugerir que este caracter represente uma novidade evolutiva para o gênero *Uca* e estudos complementares poderiam esclarecer se a presença do botão apical realmente representa uma característica basal, simplesiomórfico nos Thoracotremata.

Referências

Referências

- Colpo, K.D. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2003. Reproductive output of *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangroves in Brazil. *Crustaceana* 76 (1): 1 – 11.
- Costa, T.M.; Silva, S.M.J. & Negreiros-Fransozo, M.L. 2006. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *Uca uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (1): 117-123.
- Felgenhauer, B.E & Abele, L.G. 1990. Morphological diversity of Decapod Spermatozoa. In: Bauer, R.T. & Martim, J.W. *Crustacean Sexual Biology*, 322-341.
- Guinot, D. 1977. Propositions pour une nouvelle classification des crustacés décapodes brachyours. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris* 285: 1049-1052.
- Guinot, D. 1991. Établissement de la famille des Poupiniidae pour *Popinia hirsute* gen. nov. sp. nov. de Polunésie (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Homoloidea). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, section A* 12:577-605.
- Guinot, D.; Jamieson, B.G.M. & Richer de Forges, B. 1994. Relationship of Homolidae and Dromiidae: evidence from spermatozoal ultrastructure (Crustacea, Decapoda). *Acta Zoologica* 75: 255-267.
- Hinsch, G.W. 1973. Sperm structure of *Oxyrhyncha*. *Canadian Journal of Zoology* 51: 421-426.
- Hinsch, G.W. 1986. A comparison of sperm morphologies, transfer and sperm mass storage between two species of crab, *Ovalipes ocellatus* and *Libinia emarginata*. *International Journal of Invertebrate Reproduction and Development* 10: 79-87
- Hinsch, G.W. 1988. Ultrastructure of the sperm and spermatophores of the golden crab *Geryon fenneri* and a closely related species, the red crab *G. quinquedens*, from the eastern gulf of Mexico. *Journal of Crustacean Biology* 8 (3): 340-345.
- Hinsch, G.W. 1990. Structure and chemical content of the spermatophores and seminal fluid of reptantian decapods. In: Bauer, R.T. & Martim, J.W. *Crustacean Sexual Biology*, 290-307.
- Jamieson, B.G.M. 1989a. The ultrastructure of the spermatozoa of four species of xanthid crabs (Crustacea, Brachyura, Xanthidae). *Journal of Submicroscopic Cytology* 21: 579-584.
- Jamieson, B.G.M. 1989b. Ultrastructural comparison of the spermatozoa of *Ranina ranina* (Oxystomata) and of other crabs exemplified by *Portunus pelagicus* (Brachygnatha) (Crustacea, Brachyura). *Zoomorphology* 109: 103-111.

- Jamieson, B.G.M. 1990. The ultrastructure of the spermatozoa of *Petalomera lateralis* (Gray) (Crustacea, Brachyura, Dromiacea) and its phylogenetic significance. *Invertebrate Reproduction and Development* 17: 39-45.
- Jamieson, B.G.M. 1991. Ultrastructure and phylogeny of crustacean spermatozoa. *Memoires of the Queensland Museum* 31: 109-142.
- Jamieson, B.G.M. 1994. Phylogeny of the Brachyura with particular reference to the Podotremata: evidence from a review of spermatozoal ultrastructure (Crustacea, Decapoda). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B.* 345: 373-393.
- Jamieson, B.G.M. & Tudge, C.C. 1990. Dorippids are Heterotremata: evidence from ultrastructure of the spermatozoa of *Neodorippe astute* (Dorippidae) and *Portunus pelagicus* (Portunidae) Brachyura: Decapoda. *Marine Biology* 106: 347-354.
- Jamieson, B.G.M.; Guinot, D. & Richer de Forges, B. 1995. Phylogeny of the Brachyura (Crustacea, Decapoda): evidence from spermatozoal ultrastructure. In: Jamieson, B.G.M.; Ausio, J. & Justine, J.L. (Eds). *Advances in spermatozoal phylogeny and taxonomy*. *Memories Museum Natural History* 166: 265-283.
- Jamieson, B.G.M.; Guinot, D. & Richer de Forges, B. 1996. Contrasting spermatozoal ultrastructure in two thoracotreme crabs, *Cardisoma carnifex* (Gecarcinidae) and *Varunna litterata* (Grapsidae) (Crustacea, Brachyura). *Invertebrate Reproduction and Development* 29: 111-126.
- Jamieson, B.G.M. & Tudge, C.C. 2000. Crustacea-Decapoda. In: Jamieson, B.G.M. *Reproductive biology of invertebrates*. Volume IX, Parte C, 01-94.
- Massunari, S.; Dissenha, N. & Falcão, R.C. 2005. Crescimento relativo e destreza dos quelípodos de *Uca maracoani* (Latreille) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) no Baixo Mirim, Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (4): 974-983.
- Medina, A. 1992. Structural modifications of sperm from the fiddler crab *Uca tangeri* (Decapoda) during early stages of fertilization. *Journal of Crustacean Biology* 12 (4): 610-614.
- Medina, A. 1995. Spermatozoal ultrastructure in Dendobranchiata (Crustacea, Decapoda): Taxonomic and phylogenetic considerations. In: Jamieson, B.G.M.; Ausio, J. & Justine, J.L. (Eds). *Advances in spermatozoal phylogeny and taxonomy*. *Memories Museum Natural History* 166: 231-242.

- Medina, A. & Rodríguez, A. 1992a. Spermiogenesis and sperm structure in the crab *Uca tangeri* (Crustacea, Brachyura), with special reference to the acrosome differentiation. *Zoomorphology* 111: 161-165.
- Medina, A. & Rodríguez, A. 1992b. Structural changes in sperm from the fiddler crab *Uca tangeri* (Crustacea, Brachyura), during the acrosome reaction. *Molecular reproduction and development* 33: 195-201.
- Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Plêiade. 604p.
- Negreiros-Fransozo, M.L.; Colpo, K.D. & Costa, T.M. 2003. Allometric growth in the fiddler crab *Uca thayeri* (Brachyura, Ocypodidae) from a subtropical mangrove. *Journal of Crustacean Biology* 23 (2): 273-279.
- Tudge, C.C.; Jamieson, B.G.M.; Segonzac, M. & Guinot, D. 1988. Spermatozoal ultrastructure in three species of hidrothermal vent crac, in the genera *Bythograea*, *Austinograea* and *Segonzacia* (Decapoda, Brachyura, Bythograeidae). *Invertebrate Reproduction and Development* 34 (1): 13-23.

Considerações finais

Considerações finais

Neste trabalho, estudamos alguns aspectos relacionados à biologia reprodutiva das espécies do gênero *Uca*, sendo *Uca maracoani*, *U. thayeri* e *U. vocator*, em diferentes manguezais.

Estudando a maturidade sexual das três espécies, por meio de observações gonadais macroscópicas, pudemos observar que o tamanho no qual 50% dos machos e fêmeas de *Uca maracoani* encontravam-se maduros foi, respectivamente, 19,0 mm e 22,3 mm de largura da carapaça (LC). Estes valores, para machos e fêmeas de *U. thayeri* foram 12,5 e 15,5 e, para *U. vocator* foram 12,3 e 12,7. Analisando os resultados do tamanho relativo do início da maturidade sexual, foi possível observar que, para o gênero *Uca*, este valor não costuma ser uma constante, como observado em outras espécies de Brachyura.

As três espécies em estudo apresentam reprodução contínua, ou seja, reproduzem-se durante todo o ano, pois foram encontradas fêmeas ovígeras e caranguejos com gônadas desenvolvidas em todas as estações do ano. Porém, foi possível verificar picos reprodutivos no verão para *U. thayeri* e *U. vocator*. Apenas para *U. vocator* não foram amostradas fêmeas ovígeras nos meses de inverno, e estas fêmeas ovígeras foram pouco comuns nas outras estações do ano, provavelmente devido ao fato de que estas espécies, que apresentam frente larga, permanecem entocadas e não se alimentam quando ovígeras, além de permanecerem em tocas “plugadas” e difíceis de serem visualizadas.

Foi possível verificar que os ovos das três espécies em estudo são mais volumosos no estágio intermediário de desenvolvimento, e o tamanho dos ovos e a fecundidade está diretamente relacionada com o tamanho da fêmea. Os valores da fecundidade média obtida para *U. maracoani* foi de $49.525 \pm 27.296,68$ ovos; para *U. thayeri*, foi de $29.024,22 \pm 11.092,85$ ovos e a fecundidade para *U. vocator* foi de $34.717,43 \pm 5.127,71$. O índice de fecundidade demonstrou que existe uma maior variação nas espécies de frente estreita (*U. maracoani* e *U. thayeri*). Este fato, mais uma vez, corrobora com o fato dessas espécies serem ativas quando incubam, o que pode promover uma maior perda de ovos.

Para *U. thayeri*, a maior porcentagem de fêmeas ovígeras encontrava-se fora das tocas (90,6%), como já observado anteriormente na literatura, que registra que as espécies de frente intermediária, como *U. thayeri*, exibem o mesmo padrão de comportamento das espécies de frente estreita, que alimentam-se normalmente fora de suas tocas quando ovígeras, independente do estágio de desenvolvimento dos ovos.

Nossos estudos também corroboraram com estudos para espécies de frente larga, como *U. vocator*, onde a maior porcentagem das fêmeas ovígeras encontrava-se entocadas. As espécies de frente larga permanecem em suas tocas durante todo o período de incubação, saindo apenas para a liberação larval, e não se alimentam neste período.

Nossos estudos não demonstraram uma relação direta com o tamanho da prole e o comportamento de incubação. No entanto, podemos concluir que existe uma relação direta entre a largura da frente e o comportamento de incubação, como já observado anteriormente em outros estudos com espécies do gênero *Uca* com diferentes padrões morfológicos.