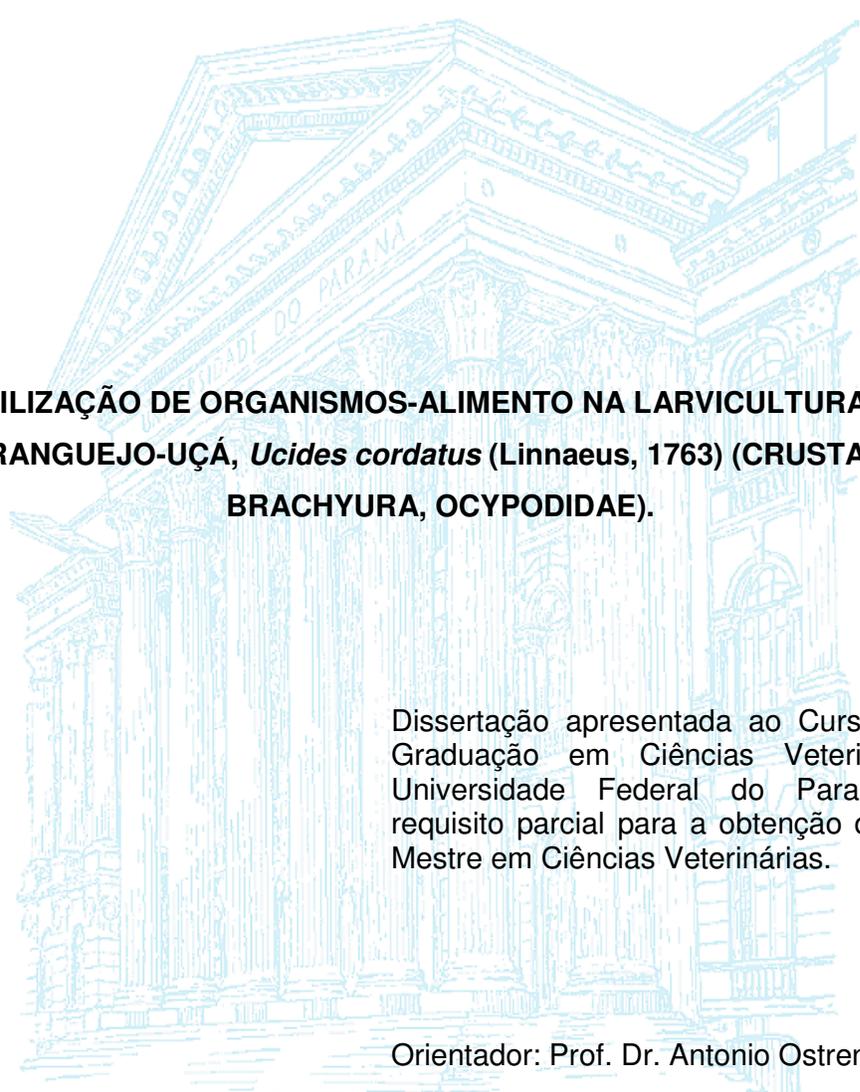


ALEXANDRE GUILHERME BECKER



**UTILIZAÇÃO DE ORGANISMOS-ALIMENTO NA LARVICULTURA DO
CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (CRUSTACEA,
BRACHYURA, OCYPODIDAE).**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ostrensky

Co-orientador: Dr. Ubiratã de Assis Teixeira da Silva

CURITIBA

2008

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

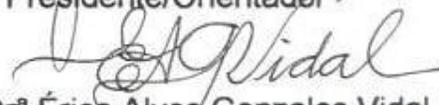


PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “UTILIZAÇÃO DE ORGANISMOS-ALIMENTO NA LARVICULTURA DO CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACIA, BRACHYURA, OCYPODIDAE)” apresentada pelo Mestrando ALEXANDRE GUILHERME BECKER, declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 78 da Resolução nº 62/03-CEPE/UFPR, que considerou o candidato Apelo para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Produção Animal.

Curitiba, 28 de fevereiro de 2008.


Prof. Dr. Antonio Ostrensky Neto
Presidente/Orientador


Profª Drª Érica Alves Gonzales Vidal
Membro


Profª Drª Setuko Masunari
Membro

Agradeço a Deus, Alá, Buda, Ganesha, Oxalá, Tupã e Zeus, ao Acaso e a todas as outras forças superiores do Universo. A meus pais, pela formação e pelo apoio. Aos meus familiares e amigos pelos momentos de descontração. À Carina, pela paciência, carinho e apoio. Ao GIA, pela estrutura e pelo suporte financeiro e, conseqüentemente, por viabilizar este trabalho. Aos companheiros – atuais anteriores ou futuros – de GIA (Chico, Cris, Débora, Gabriel, Gilmar, Gisele, Helena, Karin, Kelly, Leandro, Lineu, Manu, Otávio, Pedro, Punk, PVC, Robert, Roberta, Robson, Ubiratan e Urso). Ao prof. Ostrensky, por ter apostado em mim e por tornar possível mais esse passo em minha caminhada.

Um grande OBRIGADO a todos que realmente fizeram alguma diferença!

SUMÁRIO

SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
APRESENTAÇÃO	viii
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	x
RESUMO GERAL	xi
GENERAL ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	13
REVISÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA RELATIVA À UTILIZAÇÃO DE ORGANISMOS-ALIMENTO NA LARVICULTURA DE CRUSTÁCEOS DECÁPODES	13
RESUMO	13
1. INTRODUÇÃO	13
2. LARVICULTURA DE CARANGUEJO-UÇÁ	14
3. MICROALGAS.....	15
4. ROTÍFEROS.....	16
5. ARTÊMIA.....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO II	22
UTILIZAÇÃO DE NÁUPLIOS DE <i>Artemia sp</i> NA DIETA DE LARVAS DE <i>Ucides cordatus</i> (L.), EM CONDIÇÕES LABORATORIAIS	22
RESUMO	22
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
3. RESULTADOS	24
4. DISCUSSÃO	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

CAPÍTULO III.....31

EFEITOS DO USO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ROTÍFEROS *Brachionus plicatilis* NO CULTIVO DE LARVAS CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (L.) EM LABORATÓRIO.....31

RESUMO	31
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
3. RESULTADOS	34
4. DISCUSSÃO	36
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

CAPÍTULO IV.....40

EFEITOS DO USO DE DIFERENTES ESPÉCIES DE MICROALGAS NA ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DE *Ucides cordatus* (L.).....40

RESUMO	40
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3. RESULTADOS	43
4. DISCUSSÃO	45
5. REFERÊNCIAS	47

CAPÍTULO V.....50

UTILIZAÇÃO DE ORGANISMOS-ALIMENTO NA LARVICULTURA DO CARANGUEJO-UÇÁ.....50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>U. cordatus</i> . Percentual acumulado da sobrevivência até a metamorfose para a fase de megalopa cultivadas sob três diferentes protocolos de alimentação (PA = Protocolo de Alimentação com Artêmia; PC = Protocolo de Alimentação Convencional).	25
Figura 2. <i>U. cordatus</i> . Percentual acumulado da sobrevivência e dos estágios larvais até a metamorfose para a fase de megalopa de larvas cultivadas sob dois protocolos de alimentação: PA = Protocolo de Alimentação com <i>Artemia</i> e PC = Protocolo de Alimentação Convencional.	26
Figura 3. Percentual acumulado de metamorfoses para a fase de megalopa por zoéas de <i>U. cordatus</i> cultivadas com diferentes concentrações de rotíferos <i>B. plicatilis</i> (tabela 3).	34
Figura 4. Curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier apresentada por larvas de <i>U. cordatus</i> alimentadas com diferentes espécies de microalgas (para abreviaturas, ver Tabela 6) até a sua metamorfose para a fase de megalopa.	44
Figura 5. Percentual acumulado de metamorfoses para a fase de megalopa obtido em cultivo experimental com zoeas de <i>U. cordatus</i> alimentadas com diferentes espécies de microalgas (tabela 6).	44
Figura 6. Percentagem de larvas de <i>U. cordatus</i> que completaram o desenvolvimento até a fase de megalopa (3a) e tempo de desenvolvimento larval até a realização da metamorfose da fase de zoea para megalopa (3b), alimentadas com diferentes espécies de microalgas (Tabela 6). Os dados estão expressos em mediana (os números nas caixas), 25 e 75 percentis (as caixas) e valores mínimos e máximos (whiskers). As letras indicam os grupos homogêneos ($p > 0,05$).	45
Figura 7 – Experimentos de alimentação larval conduzidos em sala climatizada no LAPOA.	50
Figura 8 – Comparação entre a taxa média de sobrevivência e o tempo médio de desenvolvimento larval até a fase de megalopa, em unidades experimentais individuais e em coletivas.	51
Figura 9 – Espécies de microalgas utilizadas nos experimentos: (a) <i>C. mulleri</i> , (b) <i>N. oculata</i> , (c) <i>T. gracilis</i> e (d) <i>T. fluviatilis</i> . (40 X).....	51
Figura 10 - Sobrevivência final e tempo de desenvolvimento até a metamorfose para megalopa de larvas dos diferentes tratamentos testados ao longo dos cultivos experimentais.	52
Figura 11 - Rotíferos da espécie <i>B. plicatilis</i>	52
Figura 12 - Náuplios recém eclodidos de <i>Artemia</i> sp., utilizados na alimentação das larvas	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Protocolo de alimentação utilizado no atual estágio de desenvolvimento da tecnologia de larvicultura de <i>U. cordatus</i> (adaptado de Silva (2007)).....	15
Tabela 2 – Percentual de sobrevivência nos diferentes estágios de desenvolvimento de larvas de <i>U. cordatus</i> cultivadas sob dois diferentes protocolos alimentares.....	25
Tabela 3. Concentrações de da microalga <i>C. mulleri</i> e dos rotíferos <i>B. plicatilis</i> utilizadas nos quatro tratamentos testados em zoeas de <i>U. cordatus</i> cultivadas até a metamorfose para megalopa.	33
Tabela 4. <i>U. cordatus</i> . Sobrevivência final até a metamorfose de megalopa nos diferentes tratamentos testados (tabela 3).	35
Tabela 5. Concentrações de microalgas e rotíferos utilizadas nos tratamentos testados em zoeas de <i>U. cordatus</i> cultivadas até a sua metamorfose para a fase de megalopa.	42

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação aborda alguns dos mais recentes estudos desenvolvidos no GIA – Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais, da Universidade Federal do Paraná – direcionados ao aprimoramento da tecnologia de larvicultura do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, em larga escala.

Diferentemente do que se pode observar para grande maioria das espécies de crustáceos cujas técnicas de cultivo larval foram desenvolvidas, a engorda em cativeiro de caranguejos da espécie *U. cordatus* não apresenta viabilidade econômica, devido ao longo tempo despendido pela espécie para atingir o tamanho comercial. Entretanto, a escalada da pressão de captura sobre este recurso, aliada às crescentes intervenções antrópicas exercidas sobre o ecossistema manguezal, colocam em xeque a sustentabilidade a longo prazo da pesca extrativista do caranguejo-uçá. A espécie já aparece na “Lista nacional das espécies de invertebrados aquáticos e peixes sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexploração”, produzida pelo IBAMA.

Neste contexto, a larvicultura de *U. cordatus* desponta como uma ferramenta eficiente e viável para auxiliar na recuperação dos estoques de populações dessa espécie em áreas ambientalmente alteradas. Tal tecnologia vem sendo desenvolvida pelo GIA desde 2001, quando o grupo realizou os primeiros trabalhos de larvicultura em larga escala em laboratório.

Apesar do grande número de publicações geradas e dos subseqüentes sucessos obtidos em projetos de repovoamento realizados, percebe-se que um longo caminho ainda precisa ser percorrido para que as técnicas de larvicultura de *U. cordatus* atinjam o patamar de eficiência em que se encontra atualmente, por exemplo, a larvicultura de camarões peneídeos. No entanto, é evidente que a eficiência dos programas de repovoamento desta espécie está atrelada à eficiência do processo de larvicultura. Afinal, quanto maior o número de larvas produzidas, maiores podem ser as áreas trabalhadas para recuperação das populações ou estoques pesqueiros.

Por este motivo, paralelamente ao desenvolvimento de projetos de repovoamento das populações dos estoques de caranguejo-uçá, o GIA continua a investir na realização de estudos científicos e tecnológicos com vistas ao aperfeiçoamento do processo de larvicultura em larga escala. Uma das principais frentes de trabalho é a do desenvolvimento

de protocolos de alimentação específicos para as larvas de *U. cordatus* nos diferentes estágios de seu desenvolvimento larval.

Atualmente, a identificação e a produção de alimentos que atendam todos os requerimentos nutricionais das espécies de cultivo, e que sejam técnica e economicamente viáveis, são um dos fatores limitantes para a larvicultura em grande escala da maioria dos crustáceos decápodos.

No presente trabalho serão apresentados e discutidos dados de experimentos referentes à utilização de organismos-alimento na larvicultura do caranguejo-uçá, sintetizando o que existe de mais recente nos conhecimentos sobre a alimentação de larvas desta espécie em condições de cultivo em laboratório.

O que se espera é que o trabalho contribua diretamente para o refinamento das técnicas de produção em larga escala de larvas de *U. cordatus* e que sirva de referência para todas as futuras pesquisas a serem desenvolvidas sobre sua a alimentação larval.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta dos seguintes capítulos:

Capítulo I

Consiste em uma revisão bibliográfica sobre a alimentação larval e a utilização de organismos-alimento na larvicultura do caranguejo-uçá.

Capítulo II

Avalia a eficiência do fornecimento de uma dieta exclusiva de náuplios de artêmia no desenvolvimento larval de *U. cordatus*.

Capítulo III

Analisa os efeitos do provimento de rotíferos em diferentes densidades sobre a sobrevivência e o tempo de desenvolvimento larval de *U. cordatus* até a fase de megalopa.

Capítulo IV

Compara o desempenho de larvas de *U. cordatus* alimentadas com quatro diferentes espécies de microalgas, desde a eclosão até a metamorfose para a fase de megalopa.

Capítulo V

Este capítulo, redigido em formato de artigo de divulgação científica, foi elaborado com o objetivo de reunir e sintetizar os conhecimentos produzidos ao longo dos trabalhos da dissertação de mestrado, com o foco no desenvolvimento da tecnologia de larvicultura em larga escala do caranguejo-uçá.

RESUMO GERAL

O caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, é uma espécie-chave na cadeia trófica dos manguezais do Atlântico Ocidental, realizando a transferência de energia de detritos e de folhas senescentes para níveis tróficos superiores. Além disso, é um dos recursos pesqueiros mais explorados pelas comunidades que vivem em zonas adjacentes a estas áreas, apresentando assim grande importância social e econômica. Entretanto, fatores como o aumento progressivo no esforço de captura e a degradação de manguezais vêm fazendo com que os estoques naturais desta espécie se aproximem cada vez mais do limiar da sobreexploração. Neste cenário, a liberação de formas jovens no ambiente natural desponta com uma ferramenta alternativa e complementar às atuais ações da sociedade e do poder público de recuperação dos estoques dessa espécie em áreas costeiras alteradas. Contudo, a larvicultura em larga escala de *U. cordatus* em laboratório, desenvolvida com base na tecnologia de produção de larvas de camarões peneídeos, apesar de ser tecnicamente viável, ainda não está suficientemente consolidada. O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização de organismos-alimento específicos para a larvicultura do caranguejo-uçá. Foram realizados ensaios com microalgas, rotíferos e náuplios de artêmia, em uma sala de experimentos climatizada (25 °C e fotoperíodo 16L:E8). Num primeiro experimento, realizado em salinidade 26, tentou-se validar um dos primeiros protocolos alimentares utilizados no cultivo larval de *U. cordatus*, baseado no fornecimento exclusivo de náuplios de artêmia (0,6 ind./ml). Num tratamento controle, as larvas foram alimentadas com rotíferos (6 ind./ml) e microalgas da espécie *Nannochloropsis oculata* (1.500.000 cels./ml). Entretanto, todas as larvas do tratamento com dieta exclusiva a base de náuplios de artêmia morreram sem sequer alcançar o estágio de zoea V. Já no tratamento controle, a sobrevivência foi de 30,0 %, e o tempo médio que as larvas levaram para realizar a metamorfose para megalopa foi de 25,3 dias (Mediana = 24, Mín-Máx = 22-33). Os resultados sugerem que os náuplios de *Artemia* sp. não são adequados para larvas de *U. cordatus* quando fornecidos como fonte exclusiva de alimentação. O segundo experimento objetivou avaliar os efeitos do fornecimento de diferentes densidades de rotíferos *Brachionus plicatilis* (10, 20 e 40 ind./ml) na sobrevivência até a fase de megalopa e no tempo de desenvolvimento larval de *U. cordatus*, em condições laboratoriais (salinidade 30). A alimentação das larvas foi complementada com a adição da microalga *Chaetoceros mulleri*. Apesar da tendência de aumento da sobrevivência de acordo com o incremento na concentração de rotíferos, não foram observadas diferenças significativas entre as três diferentes concentrações utilizadas. Entretanto, as zoeas alimentadas com as concentrações de rotíferos mais elevadas (20 e 40 ind./ml) realizaram a metamorfose para a fase de megalopa com maior sincronidade e em um período de tempo significativamente menor ($p < 0,05$) que os tratamentos com baixa concentração (10 ind./ml). Os dados sugerem que o incremento nas concentrações de rotíferos da espécie *B. plicatilis* utilizadas na larvicultura de *U. cordatus* pode aumentar as taxas de metamorfose para megalopa, diminuir o tempo de desenvolvimento larval e minimizar os efeitos das perdas por canibalismo entre larvas com padrões de desenvolvimento desuniforme. O objetivo do terceiro experimento, realizado em salinidade 30, foi testar os efeitos do fornecimento de quatro diferentes espécies de microalgas (*Chaetoceros mulleri*, *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis gracilis* e *Thalassiosira fluviatilis*) sobre o tempo de desenvolvimento larval e sobre a taxa de metamorfose para a fase de megalopa de *U. cordatus* em laboratório. As metamorfoses para megalopa e o tempo de desenvolvimento das zoeas foram significativamente afetados pela utilização de dietas com diferentes espécies de microalgas. Os resultados sugerem que, dentre as espécies testadas, a microalga *T. fluviatilis* é a mais adequada para a larvicultura de *U. cordatus*. Zoeas alimentadas com esta microalga apresentaram as maiores taxas de metamorfose e o menor tempo de desenvolvimento até a fase de megalopa.

GENERAL ABSTRACT

The Brazilian mangrove crab, *Ucides cordatus*, is a key species in the food chain of mangroves of the Western Atlantic, acting in the transfer of energy from waste and leaves to higher trophic levels. Moreover, it is one of the most exploited fishery resources by the communities living around these areas, thus it has great social and economic importance. However, factors as the gradual increase in the fishing effort and the degradation of mangrove forests are affecting the natural stocks of this species to the threshold of overexploitation. In this scenario, the release of juveniles to the natural environment is an alternative and complementary tool to the current actions of society and government to recover the stocks of this specie in altered coastal areas. However, the larviculture massive *U. cordatus* in laboratory developed based on the technology of production of penaeid shrimp larvae, while technically feasible, it is not yet sufficiently consolidated. The objective of this work is to obtain knowledge of specific protocols for produce of live food organisms to the larvae of mangrove crab. Microalgae, rotifers and artemia nauplii were tested. In the first experiment, attempts were made to validate one of the first food protocols used in the larviculture of *U. cordatus*, based on the exclusive supply of artemia nauplii (0,6 ind./ml). In a control treatment, the larvae were fed rotifers *Brachionus plicatilis* (6 ind./ml) and the microalgae *Nannochloropsis oculata* (1.500.000 cels./ml). However, all the larvae of the treatment with an exclusive diet of artemia nauplii died without even reaching the stage of zoea V. In the control treatment, the survival was 30,0% and the average development time until the metamorphosis to megalopa was 25,3 days (Mean = 24, Min-Max = 22-33). The results suggest that artemia nauplii may not be suitable for *U. cordatus* larvae as sole source of nutrition during the full growing cycle. The second experiment conducted aimed to evaluate the effects of the supply of different densities of rotifers *B. plicatilis* (10, 20 and 40 ind./ml) in the survival of larvae until the megalopa phase and also, on the time of larval development of the *U. cordatus* in laboratory conditions. Despite the trend an increase in enhancing survival related to the increase in the concentration of rotifers, not significant differences were found among the three different concentrations tested. However, the zoeas fed the higher concentrations of rotifers (20 and 40 ind./ml) held the metamorphosis to the megalopa with greater synchronicity and in significantly lower time ($p < 0,05$) than the treatments with a lower concentration (10 ind./ml). The data suggest that the increase in the concentrations of the rotifer *B. plicatilis* used in larviculture of *U. cordatus* can increase the rates of metamorphosis to megalopa, decrease the time of larval development and minimize the effects of losses due to predation between larvae with patterns of uneven development. The goal of the third trial was to testing the effects of the supply of four different species of microalgae (*Chaetoceros mulleri*, *N. oculata*, *Tetraselmis gracilis* and *Thalassiosira fluviatilis*) on time of larval development and on the rate of metamorphosis to the megalopa phase in laboratory conditions. The rate of metamorphosis to megalopa and larval development time were significantly affected by the use of diets with different species of microalgae. The results suggest that, among the species tested, the microalgae *T. fluviatilis* is the most appropriate for larviculture of *U. cordatus*. Zoeas fed this microalgae showed the highest rates of metamorphosis and less time to obtain the phase of megalopa.

CAPÍTULO I

REVISÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA RELATIVA À UTILIZAÇÃO DE ORGANISMOS-ALIMENTO NA LARVICULTURA DE CRUSTÁCEOS DECÁPODES

RESUMO

A produção de organismos-alimento é considerada um processo crítico na larvicultura do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*. As larvas desta espécie, bem como as da maior parte dos crustáceos, têm notória preferência por alimentos vivos. São comumente utilizados na alimentação larval de *U. cordatus* microalgas, rotíferos e náuplios de artêmia, isoladamente ou combinados ao longo das etapas de desenvolvimento. Atualmente as taxas de sobrevivência obtidas na larvicultura do caranguejo-uçá ainda são comparativamente baixas, o que indica a necessidade de aprimoramentos no manejo alimentar. O objetivo deste trabalho foi reunir os principais estudos publicados sobre a alimentação larval de *U. cordatus* e outros crustáceos até o ano de 2007.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da aquicultura como bioindústria depende do desenvolvimento de alimentos que atendam todos os requerimentos nutricionais das espécies cultivadas e que apresentem viabilidade técnica e comercial para produção em larga escala. (Blanco e Tacon, 1989). A alimentação dos estágios larvais mais jovens aparenta ser o maior entrave da produção comercial de crustáceos e de peixes (Dhert *et al.*, 2001).

Evolutivamente, as larvas de crustáceos têm como padrão a preferência por organismos móveis, não aceitando satisfatoriamente alimentos inertes (Agh e Sorgeloos, 2005). Para a seleção desses organismos vivos devem ser considerados fatores como o valor nutritivo e a facilidade de cultivo em grande escala (Lavens *et al.*, 2000).

O desempenho de uma dieta depende de fatores como sua digestibilidade, seu conteúdo energético e sua composição (Piña *et al.*, 2004), que, por sua vez, afetam diretamente a sobrevivência e o tempo de desenvolvimento larval (New *et al.*, 2000). Além disso, a eficiência nutricional de um alimento larval é determinada pela sua ingestibilidade e, conseqüentemente, pelo seu tamanho e forma (Castro *et al.*, 2006; Agh e Sorgeloos, 2005). Assim, apenas alimentos de tamanho apropriado para o consumo eficiente por parte dos organismos cultivados devem ser fornecidos. Entretanto, à medida que as larvas crescem, o fornecimento de alimentos maiores passa a ser necessário (Duerr *et al.*, 1998). Quando o tamanho das presas deixa de interferir no mecanismo de ingestão, o uso de presas maiores (com um maior conteúdo energético individual) passa a ser vantajoso, pois deste modo o

predador despenderá menos energia para suprir suas necessidades nutricionais do que se alimentando de várias presas menores (Agh e Sorgeloos, 2005).

Também é de grande importância conhecer a composição química dos organismos-alimento, pois o uso de alimentos pobres em nutrientes essenciais pode causar um desenvolvimento anormal ou mortalidades em massa durante as larviculturas (Blanco & Tacon, 1989).

2. LARVICULTURA DE CARANGUEJO-UÇÁ

A atual tecnologia de recomposição de populações de caranguejo-uçá em áreas alteradas baseia-se na obtenção de larvas a partir de fêmeas ovígeras coletadas na natureza e no posterior cultivo dessas larvas em larga escala até a fase de megalopa. Nesta fase, as larvas são levadas e liberadas no ambiente.

Esta estratégia está fundamentada no fato de que as megalopas de *U. cordatus* apresentam uma forte geotaxia positiva, além de capacidade de escavar tocas no sedimento. Essas características aumentam as chances de sucesso de recrutamento das larvas produzidas em laboratório após sua liberação no ambiente (Silva *et al.*, 2006; Silva, 2007).

O desenvolvimento pós-embrionário de *U. cordatus* consiste em duas fases, separadas por estágios. Rodrigues (1982), em cultivos em placa de Petri, verificou para esta espécie a existência de 5 ou 6 estágios de zoea e um de megalopa, que marca o final do desenvolvimento pós-embrionário e o início da adaptação ao modo de vida bentônico.

De acordo com Abrunhosa *et al.* (2002), em condições experimentais, as larvas de *U. cordatus* podem alcançar o estágio de zoea II sem alimentação, apresentando entretanto prejuízos às taxas sobrevivência e à higidez larval. Deste modo, este autor conclui que as larvas do caranguejo-uçá, apesar de lecitotróficas em seu desenvolvimento inicial, necessitam de alimentação exógena desde o estágio de zoea I, de modo a suprir adequadamente suas necessidades nutricionais.

Nos cultivos experimentais em larga escala realizados por Silva (2002) as larvas foram alimentadas com a microalga *Tetraselmis sp.* e com náuplios de artêmia. Já Rodrigues (1982), alimentou as larvas unicamente com náuplios de artêmia.

Na Tabela 1 está descrito o protocolo alimentar utilizado atualmente pelo Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA) na larvicultura em larga escala de *U. cordatus*. Entretanto, as taxas médias finais de sobrevivência larval em laboratório podem

ser consideradas baixas, variando de 10 a 15%, após cerca de 30 dias de tempo total de cultivo (Silva *et al*, 2006).

Tabela 1. Protocolo de alimentação utilizado no atual estágio de desenvolvimento da tecnologia de larvicultura de *U. cordatus* (adaptado de Silva (2007)).

	<i>Tetraselmis</i> sp. (50.000 cels./ml)	<i>Brachionus plicatilis</i> (6 ind./ml)	<i>Artemia</i> sp. (0,5 náuplio/ml)
Zoea I – Zoea II			
Zoea II – Zoea V			
Zoea V – Megalopa			

Normalmente, a maioria das larvas atinge a fase de megalopa já a partir do vigésimo quinto dia de larvicultura (em temperatura média de 25 °C), mas somente após cerca de cinco dias desta última ecdise a megalopa passa a tolerar variações de salinidades mais extremas e começa a procurar ativamente o sedimento, detalhe que indica o momento correto para sua liberação no ambiente. Este período adicional no laboratório tende a minimizar as perdas por canibalismo, pois assim as larvas liberadas permanecem o menor tempo possível na coluna d'água antes de se dirigirem para o sedimento (Silva *et al.*, 2006; Ventura, 2006; Ventura, 2008).

3. MICROALGAS

O termo "microalgas" não tem valor taxonômico (Derner, 2006). Ele designa uma grande quantidade de espécies constituintes do fitoplâncton, que, por sua vez, abrange uma numerosa variedade de organismos unicelulares e autotróficos. São produtores primários, medindo entre 2 µm e 100 µm e representam o primeiro elo da cadeia alimentar, razão pela qual são produzidas como alimento direto para organismos filtradores (Lourenço, 2006). Neste grupo incluem-se os moluscos bivalves, que são fitófagos durante todo o seu ciclo de vida, os primeiros estágios larvares de crustáceos e o zooplâncton em geral (Borowitzka, 1997; Brown *et al.*, 1997; Blanco & Tacon, 1989).

Existem vários métodos de cultivo de microalgas, mas o mais comumente utilizado é baseado na indução artificial de condições eutróficas que levam a um rápido desenvolvimento de explosões populacionais (*blooms*). Este método consiste na adição de um inóculo puro de microalga a um meio de cultivo (água do mar filtrada e esterilizada e

adicionada de nutrientes) (Lourenço, 2006). Os cultivos microalgais da maioria dos laboratórios de larvicultura comumente utilizam meio de cultura estéril baseado no protocolo Guillard's F/2 (Duerr *et al.*, 1998). Ao final do cultivo, a densidade celular se aproxima de 10^5 to 10^7 cels/ml e os custos de produção atingem cerca de 20 a 40 % dos custos operacionais da larvicultura (Coutteau e Sorgeloos, 1992).

Nas últimas décadas, centenas de espécies de microalgas foram testadas como alimento larval, entretanto não mais do que vinte espécies tiveram seu uso disseminado na aqüicultura (Brown, 2002). Dentre os principais gêneros fornecidos direta e/ou indiretamente como alimento às larvas estão *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Tetraselmis*, *Isochrysis* e *Nannochloropsis* (Duerr *et al.*, 1998).

Vários fatores podem influenciar no valor nutricional das microalgas, incluindo a sua forma e tamanho, digestibilidade (relacionada à estrutura e composição da parede celular), composição bioquímica (nutrientes, enzimas, toxinas se presentes) e os requerimentos dos organismos alvo da alimentação (Brown, 2002). De acordo com Brown *et al.* (1997), a composição nutricional das microalgas pode variar também em função de diferentes condições de cultivo e da fase de crescimento da cultura. Segundo Nuñez *et al.* (2002), a biomassa consumida por larvas de camarões do gênero *Litopenaeus* varia em função da espécie de microalga utilizada na dieta, apesar de todas as espécies testadas terem sido ingeridas pelas larvas.

As microalgas também podem ser uma importante fonte de alimentação indireta na larvicultura de crustáceos, visto que importantes nutrientes algais (ácidos graxos e vitaminas) podem ser transferidos para níveis tróficos mais elevados usando o zooplâncton como intermediário (Brown *et al.*, 1997; Reitan *et al.*, 1997).

4. ROTÍFEROS

Os rotíferos do gênero *Brachionus* têm sido amplamente utilizados na larvicultura de crustáceos, por apresentarem atividade natatória lenta, apresentarem taxas aceleradas de reprodução (Lubzens, 1987) e suportarem altas densidades de cultivo (Suantika *et al.*, 1999). Além disso, eles possuem um tamanho intermediário (123 a 292 μm - segundo Snell *et al.*, 1984) entre as microalgas e as artêmias (Brown *et al.*, 1998).

De acordo com Dhert, *et al.* (2001), os rotíferos são pobres do ponto de vista nutricional, particularmente em ácidos graxos poli-insaturados (Nichols *et al.*, 1996), indispensáveis ao desenvolvimento das primeiras fases larvares de crustáceos decápodes. Entretanto, os rotíferos têm hábitos filtradores não-seletivos, ingerindo todas as partículas de

dimensão adequada (Hansen *et al.*, 1997), o que permite o enriquecimento (bioencapsulação) com microalgas (Brown *et al.*, 1998; Lubzens *et al.*, 2001) ou com produtos comerciais ou emulsões laboratoriais com características nutritivas particulares (Cotteau e Sorgeloos, 1997; Dhert *et al.*, 2001). A característica de filtração não-seletiva dos rotíferos é limitada fisicamente pelo tamanho de partícula em cerca de 20-25 μm , sendo, entretanto, de 8 μm o tamanho ideal do alimento (Hansen *et al.*, 1997).

O alimento fornecido às culturas tem grande influência sobre as taxas reprodutivas dos rotíferos e sobre seu valor nutricional (Lubzens *et al.*, 2001; Makridis e Olsen, 1999). A composição de lipídios e ácidos graxos dos rotíferos reflete diretamente a composição de sua dieta (El-Dakar *et al.*, 2001; Reitan *et al.*, 1997). Entretanto, os rotíferos não consumidos podem permanecer nos tanques de larvicultura por vários dias, período no qual seu valor nutricional pode ser severamente reduzido, caso não sejam adicionadas microalgas nos tanques de cultivo (Makridis e Olsen, 1999). Além disso, o fornecimento de microalgas em conjunto com os rotíferos pode aumentar o valor nutricional destes, através do processo de bioencapsulação (El-Dakar *et al.*, 2001).

A velocidade de natação e a razão ovo/fêmea (*egg ratio*) servem de indicadores do estado dos rotíferos (Snell *et al.*, 1987). A atividade natatória pode ser um rápido indicador do estado da cultura, pois é um forte indício de estresse fisiológico, enquanto a proporção de ovos pode servir para prever as condições de cultivo das próximas 24 h (Lubzens *et al.*, 2001). Segundo Snell *et al.* (1987), rotíferos em crescimento exponencial apresentam razão ovo/fêmea entre 0,5 e 1,2, enquanto culturas estacionárias possuem razão entre 0,5 e 0,13, e taxas menores do que 0,13 indicam declínio da cultura.

A utilização de rotíferos é tida como indispensável para a sua sobrevivência das larvas de *U. cordatus*, sendo iniciada a partir da do estágio de zoea II (Silva, 2007).

5. ARTÊMIA

Dentre os organismos utilizados como alimento vivo na larvicultura de peixes crustáceos, os náuplios de artêmia são os mais amplamente utilizados (Schauer *et al.*, 1980; Blanco e Tacon, 1989; Lavens e Sorgeloos, 1996). As razões para este sucesso estão na praticidade e conveniência de sua obtenção, visto que os cistos são facilmente obtidos em grandes quantidades e secos, em uma fase dormente (Duerr *et al.*, 1998). Após cerca de 24 horas de incubação em água salgada, estes cistos eclodem, liberando náuplios que podem servir diretamente de alimento para uma grande variedade de larvas de organismos marinhos (Duerr *et al.*, 1998; Lavens e Sorgeloos, 1996).

Os náuplios de artêmia recém eclodidos têm entre 400 e 500 µm, e não possuem sistema digestivo funcional, alimentando-se exclusivamente de suas ricas reservas vitelínicas (Lavens e Sorgeloos, 1996). A seleção da variedade ideal de artêmia é crucial para satisfazer as necessidades nutricionais das larvas cultivadas (Mann *et al.*, 2001), visto que o tamanho dos náuplios pode apresentar grande variação entre as regiões produtoras (Schauer *et al.*, 1980).

Os náuplios de artêmia devem ser fornecidos imediatamente após a eclosão, pois devido às elevadas temperaturas (cerca de 30 °C) aplicadas na incubação dos cistos, os náuplios realizam a ecdise para o segundo estágio larval em cerca de oito horas, perdendo grande parte do valor nutricional, ficando menos visíveis e nadando mais velozmente (Blanco e Tacon, 1989; Lavens e Sorgeloos, 1996; Agh e Sorgeloss, 2005).

A artêmia pode ter seu valor nutricional potencialmente melhorado através da ingestão de enriquecedores naturais ou artificiais (Agh e Sorgeloos, 2005). A introdução destes componentes deve ocorrer no segundo estágio de desenvolvimento larval (cerca de oito horas após a eclosão), quando os mesmos completam o desenvolvimento ontogenético de seu trato digestório e se tornam filtradores não seletivos de partículas (Pontes e Andreatta, 2003).

Já a disponibilidade de cistos de *Artemia* sp. tem sido cada vez mais reduzida, em função da limitação de locais para sua produção e processamento (Lavens e Sorgeloos, 1996; Mann *et al.*, 2001) e do aumento da demanda, o que tem elevado os preços do produto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUNHOSA, F. A., A. A. SILVA NETO, M. A. MELO e L. O. CARVALHO. 2002. Importância da alimentação e do alimento no primeiro estágio larval de *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae). **Revista Ciência Agronômica** 33(2): 5-12.
- AGH, P. e P. SORGELOOS. 2005. **Handbook of protocols and guidelines for culture and enrichment of live food for use in larviculture**. Artemia & Aquatic Animals Research Center. Urmia - Iran. 60 pp.
- BLANCO, I. T. e A. G. J. TACON. 1989. **La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura** AQUILA - Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para America Latina y el Caribe. Programa Cooperativo Gubernamental FAO – ITALIA. Documento de campo 12. 90 pp.

- BOROWITZKA, M. A. 1997. Microalgae for aquaculture: Opportunities and constraints. **Journal of Applied Phycology** 9: 393-401.
- BROWN, M. R., 2002. Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). **Avances en Nutrición Acuicola VI**. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- BROWN, M. R., S. W. JEFFREY, J. K. VOLKMAN e G. A. DUNSTAN. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. **Aquaculture** 151: 315-331.
- BROWN, M. R., S. SKABO e B. WILKINSON. 1998. The enrichment and retention of ascorbic acid in rotifers fed microalgal diets. **Aquaculture Nutrition** 4: 151-156.
- CASTRO J., T. CASTRO, J. SÁNCHEZ, G. CASTRO, A. CASTRO, J. ZARAGOZA, R. de LARA e M. del C. MONROY. 2006. Cysts and nauplii biometry characteristics of seven *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) populations from Mexico. **Revista de Biología Marina y Oceanografía** 41(2): 187-193.
- COUTEAU, P. e P. SORGELOOS. 1992. The use of algal substitutes and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalve molluscs: an international survey. **Journal of Shellfish Research**, 11: 467-476.
- COUTEAU, P. e P. SORGELOOS. 1997. Manipulation of dietary lipids, fatty acids and vitamins in zooplankton cultures. **Freshwater Biology** 38: 501-512.
- DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M., 2006. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural** 36(6):1959-1967.
- DHERT, P., G. ROMBAUT, A. SUANTIKA e P. SORGELOOS. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. **Aquaculture** 200: 129-146.
- DUERR, E. O., A. MOLNAR e V. SATO. 1998. **Cultured microalgae as aquaculture feeds**. *Journal of Marine Biotechnology* 7:65-70.
- EL-DAKAR, A. Y., S. M. SHALABY, G. D. HASSANEIN e S. I. GHONEIM. 2002. Use of rotifers cultured on different microalgal species in larval feeding of sea bass *Dicentrarchus labrax*. **Asian Fisheries Science** 14: 43-52.
- HANSEN, B., T. WERNBERG-MØLLER e L. WITTRUP. 1997. Particle grazing efficiency and specific growth efficiency of the rotifer *Brachionus plicatilis*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 215: 217-233.
- LAVENS, P. e P. SORGELOOS. 1996. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. **FAO Fisheries Technical Paper** 361, 295 pp.

- LAVENS, P., S. THONGROD e P. SORGELOOS. 2000. Larval prawn feeds and the dietary importance of *Artemia* In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Eds.) **Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell: 91-111.
- LUBZENS, E. 1987. Raising rotifers for use in aquaculture. **Hydrobiologia**, 147: 245-255.
- LUBZENS, E., O. ZMORA e Y. BARR. 2001. Biotechnology and aquaculture of rotifers. **Hydrobiologia** 446/447: 337-353.
- LOURENÇO, S. O. 2006. **Cultivo de microalgas marinhas – princípios e aplicações**. Rima Editora, São Carlos, Brasil.
- MANN, D. L., T. ASAKAWA, M. PIZZUTTO, C. P. KEENAN e I. J. BROCK. 2001. Investigation of an Artemia-based Diet for Larvae of the Mud Crab *Scylla serrata*. **Asian Fisheries Science** 14: 175-184.
- MARKRIDIS, P. e Y. OLSEN, 1999. Protein depletion of the rotifer *Brachionus plicatilis* during starvation. **Aquaculture** 174: 343-353.
- NEW, M. B., L. R. D'ABRAMO, W. C. VALENTI e S. SINGHOLKA. 2000. **Sustainability of freshwater prawn culture**. In: New, M. B. & Valenti, W. C. (Ed.) *Freshwater Prawn Culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Oxford, Blackwell Science. p. 429-434.
- NICHOLS D. S., P. HART, P. D. NICHOLS e T. A. MCMEEKIN. 1996. Enrichment of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed an Antarctic bacterium containing polyunsaturated fatty acids. **Aquaculture** 147: 115-125.
- NUÑEZ, M., C. LODEIROS, M. de DONATO e C. GRAZIANI. 2002. Evaluation of microalgae diets for *Litopenaeus vannamei* larvae using a simple protocol. **Aquaculture International** 10: 177-187.
- PIÑA, P., M. NIEVES, D. VOLTOLINA e C. O. ORTEGA. 2004. Crecimiento, desarrollo y supervivencia de mysis de *Litopenaeus vannamei* alimentadas con nauplios de artemia y con el rotífero *Brachionus plicatilis*. **Investigaciones Marinas** 25(3): 245-251.
- PONTES, C. S. e E. R. ANDREATA. 2003. Efeito da oferta de náuplios de *Artemia franciscana* enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados sobre o desenvolvimento de pós-larvas do camarão marinho *Farfantepenaeus paulensis*. **Revista Brasileira de Zootecnia** 32(6): 1544-1550.
- REITAN K. I., J. R. RAINUZZO, G. ØIE e Y. OLSEN. 1997. A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. **Aquaculture** 155: 207-221.
- RODRIGUES, M. D., 1982. **Desenvolvimento pós-embrionário de *Ucides cordatus* (Linnaeus 1763) (Crustacea, Decapoda, Gecarcinidae)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, São Paulo, Brasil.

SCHAUER, P. S., D. M. JOHNS, C. E. OLNEY e K. L. SIMPSON. 1980. International study on Artemia: XI. Lipid level, energy content and fatty acid composition of cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of Artemia. In: **The brine shrimp Artemia**. Vol 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. (eds G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Poels, and E. Jaspers). pp 365-373. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

SILVA, U. A. 2002. **Cultivos Experimentais de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. 89 pp.

SILVA, U. A., A. OSTRENSKY, R. VENTURA, A. F. SANTOS e W. A. BOEGER. 2006. Caranguejo-uçá, A produção em laboratório. **Panorama da Aqüicultura** 16:15-21.

SILVA, U. A. 2007. **Recuperação populacional de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), através da liberação de formas imaturas em áreas antropicamente pressionadas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil. 174 pp.

SNELL, T. W., M. J. CHILDRESS e E. M. BOYER. 1987. Assessing the status of rotifer mass cultures. **Journal of World Aquaculture Society** 18: 270-277.

SUANTIKA, G., P. DHERT, M. NURHUDAH e P. SORGeloos. 1999. High-density production of the rotifer *Brachionus plicatilis* in a recirculation system: consideration of water quality, zootechnical and nutritional aspects. **Aquacultural Engineering** 21: 201-214.

VENTURA, R. 2006. **Canibalismo e assentamento de formas jovens de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em condições de laboratório**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil. 41 pp.

VENTURA, R., U. A. SILVA, G. PERBICHE-NEVES, A. OSTRENSKY, W. A. BOEGER, e M. R. PIE. 2008. Larval cannibalism rates in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Decapoda: Ocypodidae) under laboratory conditions. **Aquaculture Research** 39(3): 263-267.

CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DE NÁUPLIOS DE *Artemia* sp NA DIETA DE LARVAS DE *Ucides cordatus* (L.), EM CONDIÇÕES LABORATORIAIS.

RESUMO

Os náuplios de *Artemia* sp. são amplamente utilizados na alimentação de larvas de crustáceos, e constituíram a base da dieta utilizada quando das primeiras tentativas de se completar o cultivo de larvas do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* em laboratório. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da utilização de um protocolo alimentar baseado exclusivamente no fornecimento de náuplios de artêmia sobre as taxas de sobrevivência e sobre o tempo de desenvolvimento larval de *U. cordatus*. As larvas (n=100) foram cultivadas individualmente em recipientes contendo 30 ml de água salgada (26 °C, pH 8, salinidade 26). Foram testados dois tratamentos: no primeiro, chamado de protocolo de alimentação com artêmia, as larvas foram alimentadas exclusivamente com náuplios recém-eclodidos de artêmia (na densidade de 0,6 náuplio/ml) e no segundo, chamado de protocolo convencional, foram alimentadas com a microalga *Nannochloropsis oculata* (em uma concentração de 1.500.000 cels./ml) e rotíferos *Brachionus plicatilis* (em uma densidade de 6 ind./ml). O tempo médio que as larvas levaram até que realizassem a metamorfose para megalopa no tratamento com microalgas e rotíferos foi de 25,3 dias (Mediana = 24, Min-Max = 22-33). No tratamento em que as larvas foram alimentadas unicamente com artêmias todas as larvas morreram antes de atingir o estágio de zoea V, o que indica que uma dieta constituída exclusivamente de náuplios de artêmia não é adequada à larvicultura de *U. cordatus*.

1. INTRODUÇÃO

Náuplios de artêmia são amplamente utilizados na aqüicultura, principalmente durante a larvicultura da maioria dos camarões peneídeos (Pontes e Andreatta, 2003; Piña *et al*, 2004; Martins *et al*, 2006) e dos caranguejos braquiúros (Bookhout e Costlow, 1970; Mann *et al*, 2001; Abrunhosa *et al*, 2002; Baylon *et al*, 2004; Zmora *et al*, 2005). Em alguns casos, constituem-se no único alimento adequado para algumas fases larvais de peixes e de crustáceos cultivados (Sorgeloos *et al*, 1986).

O ciclo de desenvolvimento larval do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, foi descrito em 1989 por Rodrigues e Hebling, os quais cultivaram as larvas individualmente em placas de Petri e as alimentaram com náuplios de artêmia recém-eclodidos. Nestas condições os autores obtiveram uma taxa de sobrevivência de 31,6% até a fase de megalopa. Após este estudo pioneiro, uma série de trabalhos foi desenvolvida com a larvicultura de *U. cordatus* em laboratório (Diele, 2000; Abrunhosa *et al.*, 2002; Diele e Simith, 2006), incluindo o primeiro relato de produção em massa de larvas para fins de repovoamento, realizado por

Silva, 2002. Nestes trabalhos, os pesquisadores observaram que, quando adotavam o mesmo protocolo alimentar utilizado por Rodrigues e Hebling (1989), um maior tempo de duração dos estágios larvais e menores taxas de sobrevivência eram obtidos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da utilização de uma dieta exclusivamente a base de náuplios de *Artemia* sp. sobre as taxas de sobrevivência de larvas de *U. cordatus*, cultivadas desde o primeiro estágio de zoea até a fase de megalopa, e sobre o tempo de desenvolvimento larval.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As larvas de *U. cordatus* foram obtidas a partir de fêmeas ovígeras coletadas em manguezais do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) (25°25 S, 48°42 W). As fêmeas coletadas foram transportadas até o Laboratório de Pesquisas com Organismos Aquáticos (LAPOA), do Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba, Paraná, onde foram mantidas em um tanque de polietileno de cor preta, com capacidade para 1.000 L, contendo água mantida em condições controladas (temperatura 25 ± 1 °C).

A água utilizada na manutenção destas fêmeas ovígeras e ao longo dos experimentos foi de origem marinha (salinidade 26), filtrada (através de filtros de cartucho de celulose com porosidade de 0,5 µm) e previamente desinfetada (com 5 ppm de hipoclorito de sódio por 24 horas, seguido de neutralização com tiosulfato de sódio).

Após a eclosão, as larvas foram transferidas para recipientes plásticos de 30 ml de capacidade (unidades experimentais) e mantidas em uma estufa climatizada (temperatura de $26 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$ e fotoperíodo 16L:8E).

Foram testados dois protocolos de alimentação: no primeiro, denominado de protocolo convencional (PC), as larvas receberam rotíferos *Brachionus plicatilis* (em densidade de 6,0 ind./ml) e microalgas da espécie *Nannochloropsis oculata*, (na concentração de 1.500.000 cels/ml); no segundo tratamento, denominado de protocolo de alimentação com artêmia (PA), as larvas foram alimentadas com náuplios de artêmia recém-eclodidos (na densidade de 0,6 ind./ml). Foram testadas 50 réplicas para cada tratamento.

O experimento foi realizado em sistema semi-estático. A cada 24 h, as larvas eram transferidas, com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, para um recipiente contendo água limpa e alimento. O conteúdo dos recipientes de onde as larvas eram provenientes era então analisado na busca por exúvias. As exúvias e eventuais larvas mortas eram coletadas e transferidas para frascos com solução de álcool 70% e glicerina. Foram analisados a data

da muda e o estágio de desenvolvimento da larva. Quando as larvas atingiam a fase de megalopa o cultivo individual era interrompido. O experimento foi concluído quando a última larva atingiu a fase de megalopa.

Os rotíferos utilizados nos experimentos foram cultivados em sistema semi-contínuo, em ciclos de quatro dias, utilizando a microalga *N. oculata* como alimento (Duerr *et al.*, 1998). A salinidade da água utilizada neste cultivo auxiliar foi a mesma dos experimentos. Os rotíferos eram retirados dos tanques cerca de duas horas antes do fornecimento às larvas e lavados em água marinha para retirada de vestígios da microalga presentes no meio em que foram cultivados.

As microalgas da espécie *N. oculata*, foram cultivadas em salinidade idêntica a dos experimentos, até o volume final de dois litros. O sistema de cultivo microalgal utilizado foi o “batch” (Dermer, 2006), usando meio de cultura Guillard’s f/2 modificado (Lourenço, 2006).

Os dados obtidos foram analisados ao nível de significância de 5 % através do programa Statsoft Statistica® 7.0. Os dados relativos à sobrevivência e ao tempo de duração de cada estágio larval, não se ajustaram à curva normal de Gauss (avaliada através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk) e por isso foram analisados através do teste de Kruskal-Wallis, seguido por teste a posteriori de comparação de médias ranqueadas dos pares agrupados (Siegel e Castellan, 1988). Os dados referentes à longevidade das larvas foram avaliados por meio de análise de sobrevivência, através do método não-paramétrico de Kaplan-Meier. Para a análise estatística das taxas de sobrevivência e da duração de cada estágio, foram desconsiderados os dados de larvas cujas exúvias referentes ao estágio analisado, não puderam ser localizadas e, por este motivo, em alguns casos o N válido utilizado não equivaleu exatamente ao número de larvas vivas.

3. RESULTADOS

O experimento teve duração total de 40 dias, sendo que apenas as larvas do tratamento em que foram fornecidas microalgas e rotíferos (PC) na alimentação completaram o seu desenvolvimento larval, realizando a metamorfose para a fase de megalopa. Neste tratamento a taxa final de sobrevivência ficou em 30,0% e o tempo médio que as larvas levaram até que realizassem a metamorfose para megalopa foi de 25,3 dias (Mediana = 24, Mín-Máx = 22-33) (Figura 1).

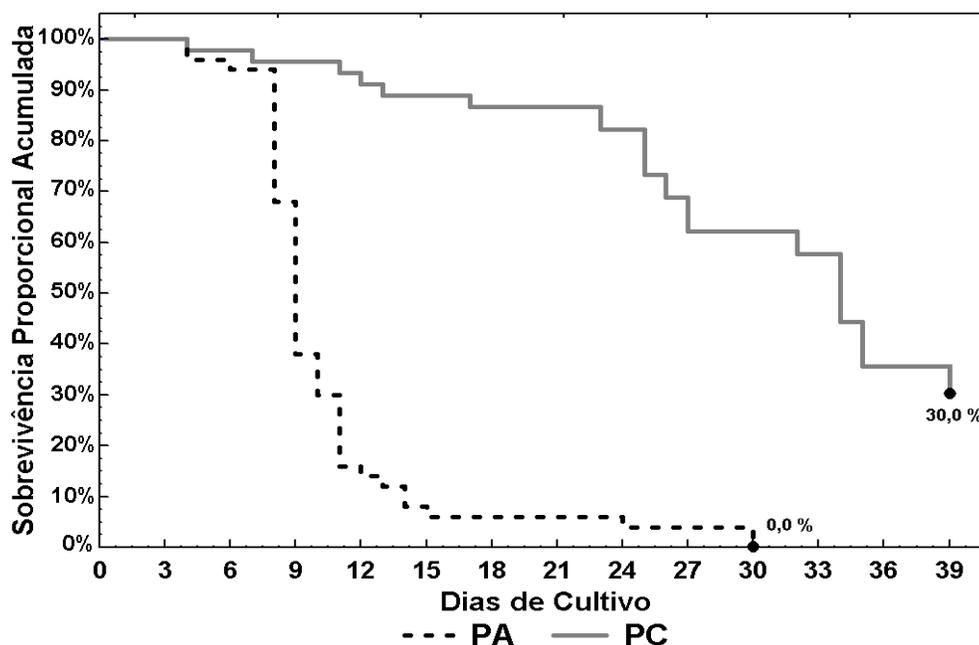


Figura 1. *U. cordatus*. Percentual acumulado da sobrevivência até a metamorfose para a fase de megalopa cultivadas sob dois diferentes protocolos de alimentação (PA = Protocolo de Alimentação com Artêmia; PC = Protocolo de Alimentação Convencional).

No tratamento em que foram fornecidos náuplios de artêmia (PA) mais de 90 % das larvas morreram até o 15º dia de cultivo. As zoeas que resistiram a este período inicial do cultivo sobreviveram por algumas ecdises, mas morreram em no máximo após 30 dias de cultivo, antes da sua metamorfose para a fase de megalopa. As taxas de sobrevivência por estágio obtidas nesse tratamento foram inferiores a 45% para os estágios de zoea I até III e foi nula para o estágio de zoea IV (Tabela 2). No tratamento em que as larvas foram alimentadas com microalgas e rotíferos, as taxas de sobrevivência por estágio foram maiores que 95% para zoea I, II, III e IV.

Tabela 2 – Percentual de sobrevivência nos diferentes estágios de desenvolvimento de larvas de *U. cordatus* cultivadas sob dois diferentes protocolos alimentares.

Estágio	PA (Náuplios de artêmia)		PC (Microalgas e rotíferos)	
	Sobrevivência (%)	N válido	Taxa de sobrevivência (%)	N válido
Zoea I	42	50	97,6	41
Zoea II	23,8	21	95,2	42
Zoea III	40	5	95	40
Zoea IV	0	2	94,9	39
Zoea V	-	0	86,5	37
Zoea VI	-	0	10,5	19

A sobrevivência diária nos diferentes estágios larvais ao longo do experimento, bem como a proporção destes estágios em relação à quantidade de larvas vivas por tratamento estão representada na Figura 2.

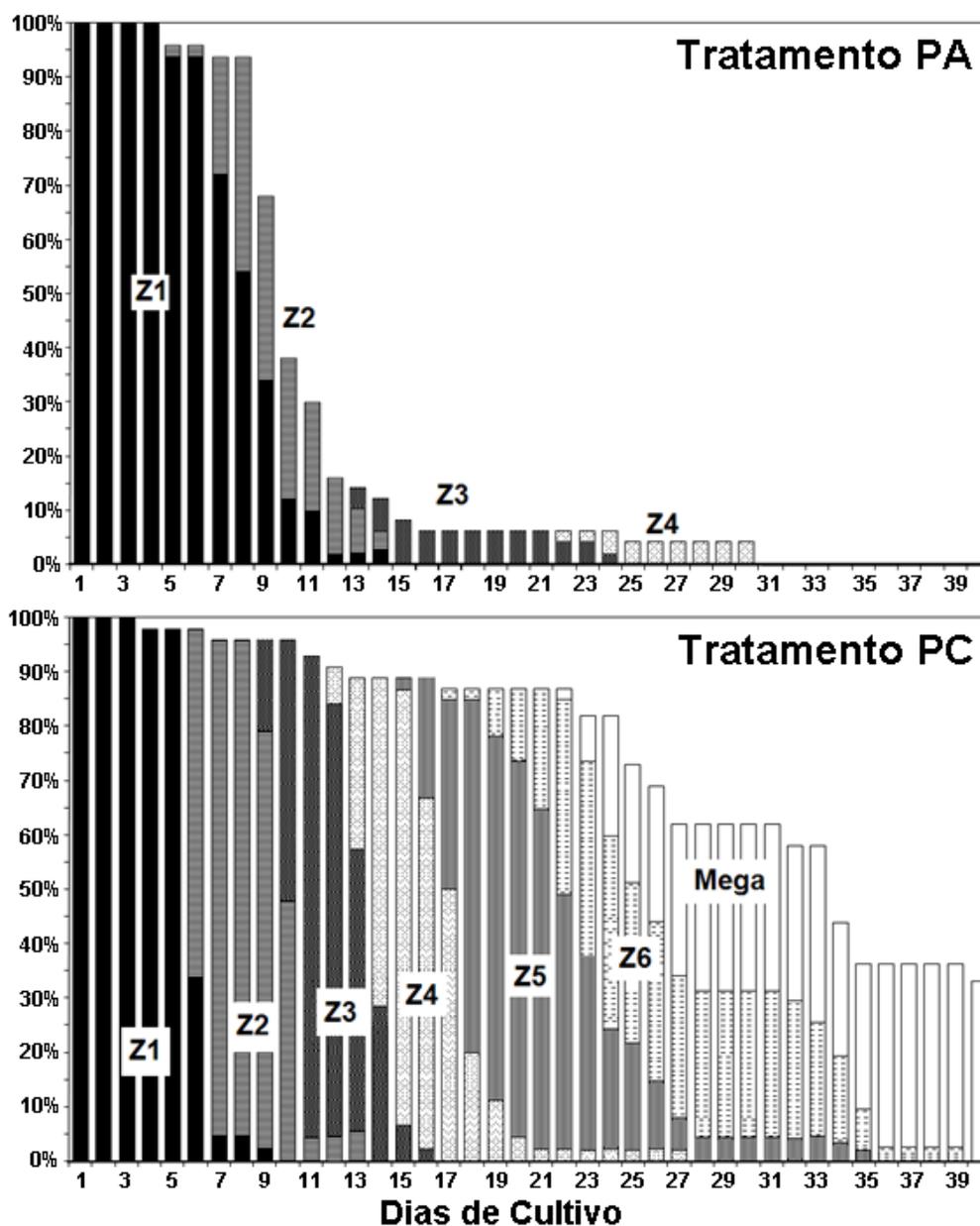


Figura 2. *U. cordatus*. Percentual acumulado da sobrevivência e dos estágios larvais até a metamorfose para a fase de megalopa de larvas cultivadas sob dois protocolos de alimentação: PA = Protocolo de Alimentação com *Artemia* e PC = Protocolo de Alimentação Convencional.

O tempo de duração do estágio de zoea I foi maior ($p < 0,05$) no tratamento PA. Já nos demais estágios onde foi possível se realizar a análise (zoea II, III e IV), não foram

detectadas diferenças significativas entre os dois tratamentos, apesar de ter sido observada uma tendência de aumento no tempo de desenvolvimento no caso do tratamento PA.

4. DISCUSSÃO

A grande mortalidade observada nas fases finais do desenvolvimento larval de larvas alimentadas com rotíferos e microalgas sugere a necessidade de uma fonte de alimentação suplementar nesta fase. Declínios acentuados nas taxas de sobrevivência próximos ao final do ciclo de desenvolvimento larval e uma alta mortalidade na realização das metamorfoses podem indicar uma possível deficiência nutricional da dieta (Mann *et al*, 2001).

Os resultados obtidos neste experimento divergiram dos obtidos por Rodrigues e Hebling (1989), mas são similares aos obtidos de Diele (2000), que observou que nenhuma larva de *U. cordatus* chegou a atingir o terceiro estágio de zoea quando alimentada exclusivamente com náuplios de artêmia. A sobrevivência obtida até o estágio de zoea II (42 %) confirmou as observações de Abrunhosa *et al* (2002), que já havia demonstrado em experimentos que aproximadamente 60 % das larvas não conseguiram atingir o estágio de zoea II sob este protocolo de alimentação. Todavia, já foi demonstrado também que o uso de náuplios de artêmia de diferentes regiões geográficas pode levar a grande variabilidade de resultados nas larviculturas de crustáceos (Schauer *et al.*, 1980).

A morte da totalidade das larvas do tratamento PA, observada no presente estudo, indica que náuplios de *Artemia* sp. não são adequados para larvas de *U. cordatus* quando fornecidos como fonte exclusiva de alimentação durante todo o ciclo de cultivo.

De acordo com Abrunhosa (2002), em condições experimentais, as larvas de *U. cordatus* podem alcançar o estágio de zoea II sem alimentação, apresentando entretanto redução das taxas de sobrevivência e comprometendo a higidez larval. No tratamento PA, apesar de algumas larvas haverem atingido o estágio de zoea IV – no qual se acredita que as maiores dimensões da larva possibilitariam a predação das artêmias –, elas morreram antes da metamorfose para megalopa. Essa observação reforça a tese de que uma alimentação inadequada nos estágios iniciais – evidenciada a partir dos resultados de sobrevivência das larvas – pode comprometer todo o desenvolvimento larval de *U. cordatus*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUNHOSA, F. A., SILVA NETO, A. A., MELO, M. A., CARVALHO, L. O., 2002. Importância da alimentação e do alimento no primeiro estágio larval de *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae). **Revista Ciência Agronômica** 33: 5-12.
- BAYLON, J. C., M. E. A. BRAVO e N. C. MANINGO. 2004. Ingestion of *Brachionus plicatilis* and *Artemia salina* nauplii by mud crab *Scylla serrata* larvae. **Aquaculture Research** 35: 62-70.
- BOOKHOUT, C. G. e J. D. COSTLOW Jr. Nutritional effects of *Artemia* from different locations on larval development of crabs. **Helgoland Marine Research**, 20: 435-442.
- DAVIS, J. A., WILLE, M., Hecht, T., SORGELOOS, P. 2005. Optimal first feed organism for South African mud crab *Scylla serrata* (Forskål) larvae. **Aquaculture International** 13: 187-201.
- DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M., 2006. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural** 36(6):1959-1967.
- DIELE, K., SIMITH, D.J.B. 2006. Salinity tolerance of northern Brazilian mangrove crab larvae, *Ucides cordatus* (Ocypodidae): Necessity for larval export? **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 68: 600-608.
- DIELE, K. 2000. Life history and population structure of the exploited mangrove crab *U. cordatus* (L.) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté estuary, North Brazil. Doctor's thesis. Zentrum für Marine Tropenökologie, Universität Bremen, Bremen, Germany. 103 pp.
- DUERR, E. O., A. MOLNAR e V. SATO. 1998. **Cultured microalgae as aquaculture feeds**. Journal of Marine Biotechnology 7:65-70.
- LOURENÇO, S. O. 2006. **Cultivo de microalgas marinhas – princípios e aplicações**. Rima Editora, São Carlos, Brasil.
- MANN, D. L., T. ASAKAWA, M. PIZZUTTO, C. P. KEENAN e I. J. BROCK. 2001. Investigation of an *Artemia*-based Diet for Larvae of the Mud Crab *Scylla serrata*. **Asian Fisheries Science** 14: 175-184.
- MARTINS, T. G., R. O. CAVALLI, R. C. MARTINO, C. E. M. Rezende e W. WASIELESKY Jr. Larviculture output and stress tolerance of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae fed *Artemia* containing different fatty acids. **Aquaculture** 252: 525-533.
- MINAGAWA, M. e MURANO, M. 1993. Effects of prey density on survival, feeding rate and development of zoeas of the red frog crab *Ranina ranina* (Crustacea, Decapoda, Raninidae). **Aquaculture** 113: 91-100.

- PAUL, A.J., PAUL, J.M., COYLE, K.O. 1989. Energy sources for first-feeding zoeae of king crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) (Decapoda, Lithodidae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 130: 55-69.
- PESTANA, D., OSTRENSKY, A. 1995. Occurrence of an alternative pathway in the larval development of the crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 under laboratory conditions. **Hydrobiologia** 306: 33-40.
- PIÑA, P., M. NIEVES, D. VOLTOLINA e C. O. ORTEGA. 2004. Crecimiento, desarrollo y supervivencia de mysis de *Litopenaeus vannamei* alimentadas con nauplios de artemia y con el rotífero *Brachionus plicatilis*. **Investigaciones Marinas** 25(3): 245-251.
- PONTES, C. S. e E. R. ANDREATTA. 2003. Efeito da oferta de náuplios de *Artemia franciscana* enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados sobre o desenvolvimento de pós-larvas do camarão marinho *Farfantepenaeus paulensis*. **Revista Brasileira de Zootecnia** 32(6):1544-1550.
- RODRIGUES, M.D. e N. J. HEBLING. 1989. *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda). Complete larval development under laboratory conditions and its systematic position. **Revista Brasileira de Zoologia** 6: 147-166.
- RUSCOE I. M., G. R. WILLIAMS e C. C. SHELLEY. 2004. Limiting the use of rotifers to the first zoeal stage in mud crab (*Scylla serrata* Forskål) larval rearing. **Aquaculture** 231: 517-527.
- SCHAUER, P. S., D. M. JOHNS, C. E. OLNEY e K. L. SIMPSON. 1980. International study on Artemia: XI. Lipid level, energy content and fatty acid composition of cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of Artemia. In: **The brine shrimp Artemia**. Vol 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. (eds G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Poels, and E. Jaspers). pp 365-373. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- SIEGEL S. e N. J. CASTELLAN Jr. 1988. **Nonparametrics statistics**. New York: McGraw-Hill.
- SILVA, U. A. 2002. **Cultivos Experimentais de Caranguejo-uçá, Ucides cordatus (Linnaeus, 1763)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- SORGELOOS, P., LAVENS, P., LEGER, P., TACKAERT, W., VERSICHELE, D. 1986. **Manual para el cultivo y uso de Artemia en acuicultura**. Doc. Campo 10: 301 pp.
- SULKIN, S. e K. NORMAN. 1976. A comparison of two diets in the laboratory culture of the zoeal stages of the brachyuran crabs *Rhithropanopeus harrisi* and *Neopanope sp.* **Helgoland Marine Research** 28: 183-190.

SULKIN, S., J. LEHTO, S. STROM e D. HUTCHINSON. 1998. The nutritional role of protists in the first stage larvae of the Dungeness crab, *Cancer magister*. **Marine Ecology Progress Series** 169: 237-242.

ZENG, C., S. LI e H. ZENG. 2004. Occurrence of additional Zoea-VI larvae in the mud crab, *Scylla paramamosain* (Estampador), reared in the laboratory. **Hydrobiologia** 529: 49-58.

ZMORA, O., A. FINDIESEN, J. STUBBLEFIELD, V. FRENKEL and Y. ZOHAR. 2005. Large-scale juvenile production of the blue crab *Callinectes sapidus*. **Aquaculture** 244:129-139.

CAPÍTULO III

EFEITOS DO USO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ROTÍFEROS *Brachionus plicatilis* NO CULTIVO DE LARVAS DE CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (L.) EM LABORATÓRIO.

RESUMO

A concentração ideal de fornecimento de rotíferos é considerada um fator crítico na larvicultura de *Ucides cordatus*. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do fornecimento de diferentes densidades (10, 20 e 40 ind./ml) de rotíferos *Brachionus plicatilis* na sobrevivência e no tempo de desenvolvimento larval de *U. cordatus*, em condições laboratoriais. Foram utilizadas nos experimentos zoeas eclodidas em laboratório, a partir de fêmeas ovígeras coletadas nos manguezais paranaenses. As zoeas foram cultivadas individualmente em recipientes plásticos de 30 ml, sob condições controladas (temperatura 26 °C, salinidade 30, e fotoperíodo 16L: 8E). Os dados sugerem que o incremento nas concentrações *B. plicatilis* utilizadas na larvicultura de *U. cordatus* pode aumentar as taxas de metamorfose para megalopa, diminuir o tempo de desenvolvimento larval e minimizar os efeitos das perdas por canibalismo entre larvas com padrões de desenvolvimento desuniforme.

1. INTRODUÇÃO

O caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), é um braquiúro semi-terrestre que ocorre em manguezais e regiões estuarinas do Atlântico Ocidental (Spivak, 1997). É uma espécie de grande importância na estrutura trófica dos manguezais (Christofolletti, 2005; Jankowsky *et al.*, 2006; Wolff *et al.*, 2000). Desempenha também um papel preponderante como recurso social e econômico para as populações extrativistas litorâneas (Pinheiro e Fiscarelli, 2001; Alves e Nishida, 2003; Glaser e Diele, 2004; Glaser, 2003).

Nos últimos anos, as populações do caranguejo-uçá vêm sendo submetidas à crescente pressão de captura, associada à destruição dos seus habitats naturais (Revista do GIA, 2006). Além disso, a ocorrência de eventos de mortalidades massivas em consequência da Doença do Caranguejo Letárgico (DCL) (Boeger *et al.*, 2005) causou reduções expressivas dos estoques em regiões onde foi registrada. Estados antes famosos pelo turismo gastronômico associado ao consumo do crustáceo, hoje são abastecidos de caranguejos provenientes de regiões cada vez mais distantes (Almeida *et al.*, 2004). Como medida de manejo pesqueiro adicional às já existentes, a tecnologia de produção de larvas de caranguejo-uçá em larga escala passou a ser desenvolvida para o repovoamento de áreas alteradas (Silva, 2002; Silva *et al.*, 2006; Silva, 2007).

As larvas da maioria dos crustáceos especializaram-se na captura de presas móveis e dificilmente aceitam alimentos inertes (Dhert *et al.*, 2001). Assim, na larvicultura de decápodes, os rotíferos da espécie *Brachionus plicatilis* (Müller, 1786) são comumente utilizados como alimento para os primeiros estágios larvais (Ruscoe *et al.*, 2004; Dhert *et al.*, 2001; Hagiwara *et al.*, 2001, 2007) devido ao pequeno porte (220-240 µm) e lenta locomoção (Baylon *et al.*, 2004).

Atualmente, a tecnologia de larvicultura de *U. cordatus* empregada pelo Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA) preconiza o uso de rotíferos da espécie *B. plicatilis* a partir do segundo estágio de zoea, geralmente na densidade de 6 ind./ml (Silva, 2007). A utilização de elevadas concentrações de rotíferos têm se demonstrado necessária na larvicultura de outras espécies de decápodes. Zmora *et al.* (2005), utilizaram 50 ind./ml para alimentar zoeas de *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) em cultivo massivo, enquanto Baylon *et al.* (2004) forneceram rotíferos na concentração de 15-40 ind./ml para larvas de *Scylla serrata* (Forskål, 1775) e Thomaz *et al.* (2004) testaram 12-30 ind./ml na alimentação de larvas de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879).

De acordo com Abrunhosa *et al.* (2002), o suprimento de alimento é considerado um fator crítico para o sucesso na larvicultura de *U. cordatus*, sendo importante mesmo para os estágios iniciais de desenvolvimento. Para Welch e Epifanio (1995), a abundância de presas parece ter grande impacto nas taxas de alimentação dos crustáceos, e conseqüentemente na sobrevivência larval.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do fornecimento de diferentes densidades de rotíferos *B. plicatilis* sobre a sobrevivência e sobre o tempo de desenvolvimento de zoeas de *U. cordatus* cultivadas em laboratório.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Quinze fêmeas ovígeras de *U. cordatus* foram coletadas em manguezais da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) (25°25' S, 48°23' W) e transportadas até o Laboratório de Pesquisas com Organismos Aquáticos (LAPOA), do GIA em Curitiba, Paraná. A água utilizada na manutenção das fêmeas e ao longo de todo o cultivo experimental era de origem marinha (salinidade 30), filtrada (através de filtros de cartucho de celulose com porosidade de 0,5 µm) e previamente desinfetada (com 5 ppm de hipoclorito de sódio por 24 horas, seguido de neutralização com tiosulfato de sódio). As fêmeas foram mantidas em um tanque de polietileno de cor preta, com capacidade para 1.000 L, contendo água mantida em condições controladas (temperatura 25 ± 1 °C).

Após a eclosão, cerca de 25.000 zoeas foram transferidas para um tanque de manutenção de 100 l, sob aeração constante, e mantidas sem alimentação até o início dos experimentos, cerca de 24 h após a sua eclosão. Os experimentos foram realizados em uma sala climatizada (temperatura 26 °C, fotoperíodo de 16L:8E). Foram utilizados recipientes plásticos de 30 ml de capacidade como unidades experimentais. Cada unidade experimental recebeu apenas uma larva no estágio zoea I, coletada ao acaso do tanque de manutenção.

Foram testadas três diferentes concentrações de rotíferos da espécie *B. plicatilis*. Nas unidades amostrais dos tratamentos T2, T3 e T4, a alimentação foi complementada com a diatomácea *Chaetoceros muelleri* (Lemmerman, 1898) (Tabela 3). Cada tratamento experimental foi testado com 40 réplicas.

Tabela 3. Concentrações de da microalga *C. muelleri* e dos rotíferos *B. plicatilis* utilizadas nos quatro tratamentos testados em zoeas de *U. cordatus* cultivadas até a metamorfose para megalopa.

	Tratamento			
	T1	T2	T3	T4
<i>Chaetoceros muelleri</i> (cels./ml)	-	400.000	400.000	400.000
<i>Brachionus plicatilis</i> (ind./ml)	10	10	20	40

Os rotíferos utilizados nos experimentos foram cultivados no sistema semi-contínuo, em ciclos de quatro dias, utilizando a microalga *N. oculata* como alimento (Duerr *et al.*, 1998). A salinidade da água utilizada neste cultivo auxiliar foi a mesma dos experimentos (30). Os rotíferos eram retirados dos tanques cerca de duas horas antes do fornecimento às larvas, e lavados em água marinha, para retirada de vestígios da microalga onde foram cultivados.

As microalgas da espécie *C. muelleri*, utilizadas como suplementação alimentar, foram cultivadas em salinidade 30, até o volume final de dois litros. O sistema de cultivo microalgal utilizado foi o “batch” (Derner, 2006), usando meio de cultura *Guillard’s f/2* modificado (Lourenço 2006).

O experimento foi realizado em sistema semi-estático. Diariamente, as zoeas de cada unidade experimental eram transferidas, com uma pipeta de Pasteur, para frascos contendo água com os respectivos alimentos. Na ocasião eram registrados os dados

relativos à sobrevivência e à metamorfose. O experimento prosseguiu até o momento em que não restaram mais zoeas vivas nas unidades experimentais.

Os dados obtidos foram analisados ao nível de significância de 5%, através do programa Statsoft Statistica® 7.0. As taxas finais de metamorfose para megalopa foram analisadas através do Teste “Q” binomial de Cochran. Os dados relativos ao tempo de desenvolvimento larval até a metamorfose para megalopa foram analisados através do teste de análise de variância não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido por teste a posteriori de comparação de médias ranqueadas dos pares agrupados (Siegel & Castellan 1988), tendo em vista o não ajustamento à curva normal (teste de Shapiro-Wilk), e à heterogeneidade da variância (teste de Levene).

3. RESULTADOS

As metamorfoses para a fase de megalopa iniciaram-se a partir do 27º dia de cultivo e se estenderam até o 48º dia (Fig. 3). O primeiro registro de metamorfose foi observado no tratamento em que foram fornecidos 40 ind./ml.

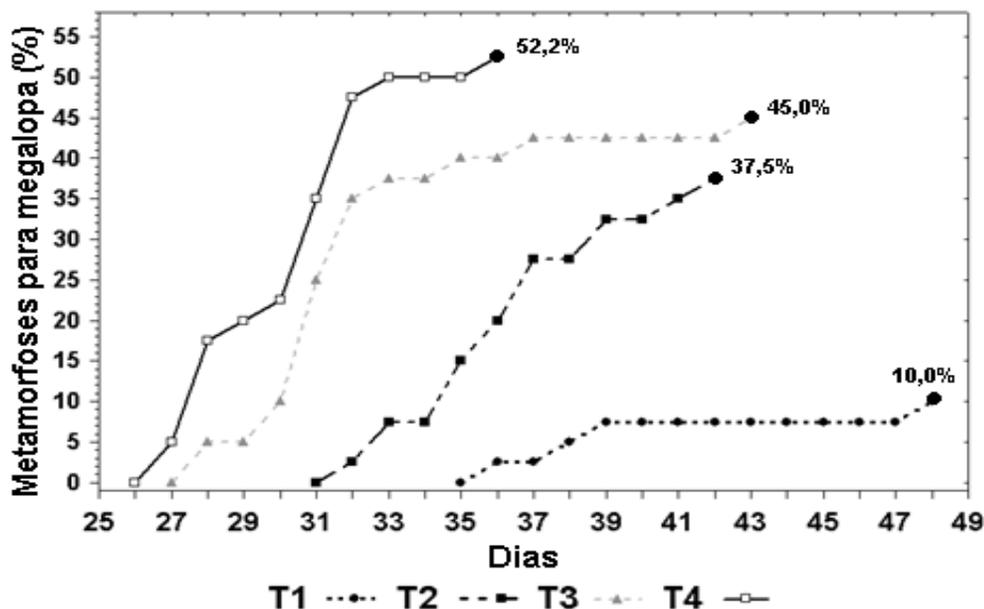


Figura 3. Percentual acumulado de metamorfoses para a fase de megalopa por zoéas de *U. cordatus* cultivadas com diferentes concentrações de rotíferos *B. plicatilis* (tabela 3).

Nos tratamentos 2, 3 e 4, em que a microalga *C. mulleri* foi fornecida às zoéas, as taxas de metamorfose para megalopa foram significativamente maiores ($p < 0,05$) que no

tratamento T1, alimentado apenas com rotíferos. Porém, não foram observadas diferenças significativas nas taxas finais de metamorfose para megalopa entre as três diferentes densidades de rotíferos utilizadas (Tabela 4).

Tabela 4. *U. cordatus*. Sobrevivência final até a metamorfose de megalopa nos diferentes tratamentos testados (tabela 3).

	Tratamento (Dieta)			
	T1	T2	T3	T4
Zoeas	40	40	40	40
Taxas de metamorfose para megalopa (%)	10,0	37,5	45,0	52,5
Teste Dicotômico "Q" de Cochran	b	a	a	a

Com relação ao tempo de desenvolvimento larval (Fig. 4), foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos testados ($H(3, N= 59) = 31,43, p < 0,001$). Nos tratamentos T3 e T4, em que foram fornecidas concentrações de rotíferos de 20 e 40 por ml, as zoeas realizaram a metamorfose para a fase de megalopa em um período de tempo significativamente menor ($p < 0,05$) que os tratamentos T1 e T2, que utilizaram a menor densidade testada.

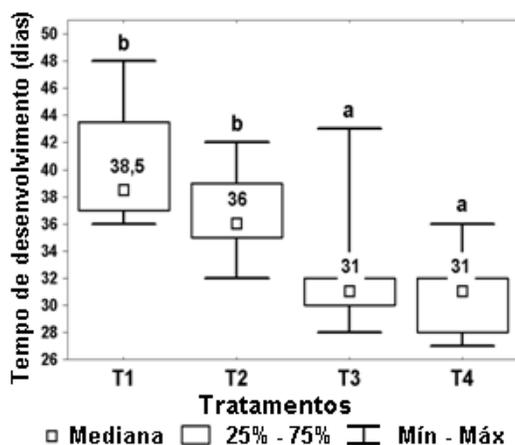


Figura 4 - *U. cordatus*. Tempo de desenvolvimento larval até a metamorfose da fase de zoea para megalopa. As letras indicam os grupos homogêneos ($p > 0,05$) determinados pelo teste a posteriori de comparação de médias ranqueadas dos pares agrupados (Kruskal-Wallis). Os números nas caixas indicam o valor da mediana (ver tabela 3).

4. DISCUSSÃO

A sobrevivência significativamente menor obtida no tratamento T2 em relação ao T1, sugere que a utilização de microalgas na larvicultura de *U. cordatus* é de grande importância como fonte nutricional suplementar, refletindo num aumento nas taxas finais de metamorfose para megalopa. Entretanto, o mesmo resultado não foi observado em relação ao tempo de desenvolvimento larval.

Não houve diferenças significativas nas taxas de metamorfose para megalopa entre tratamentos em que foram testadas diferentes densidades de rotíferos *B. plicatilis*. Entretanto, os resultados sugerem uma tendência de aumento nas taxas de metamorfose relacionadas ao incremento no fornecimento de rotíferos. Ficou demonstrado que um aumento nas concentrações de rotíferos levou a uma significativa redução do tempo de desenvolvimento larval até a metamorfose para megalopa, resultando em ganhos de até cinco dias no processo de larvicultura.

Segundo Davis *et al.* (2005), para caranguejo da espécie *Scylla serrata* (Forskål), a ausência de rotíferos na dieta ocasiona retardos no desenvolvimento larval e redução da sobrevivência até a metamorfose para megalopa. De acordo com Welch e Epifanio (1995), larvas de caranguejo cultivadas em laboratório são extremamente sensíveis a baixas concentrações de presas. Estes autores também obtiveram sobrevivências e taxas de crescimento e desenvolvimento significativamente menores para larvas de *Panopeus herbstii* (Milne-Edwards) nos tratamentos em que um número menor de presas estava disponível.

É sabido que o canibalismo exercido pelas megalopas recém metamorfoseadas sobre as demais, que ainda se encontram na fase de zoea, reduz expressivamente as taxas finais de sobrevivência de larvas *U. cordatus* produzidas em laboratório (Ventura, 2006). Por este motivo, a sincronia de metamorfose nos momentos finais do processo de larvicultura é de extrema importância para o processo de produção de larvas de caranguejo-uçá em larga escala. No presente trabalho, as larvas foram cultivadas em unidades experimentais individuais e, portanto, os efeitos da competição e do canibalismo entre as larvas foi anulado. Assim sendo, na avaliação dos resultados, o tempo de desenvolvimento e a sincronia das metamorfoses são importantes fatores a serem considerados, no que se refere à extrapolação dos resultados para as condições de tanques de cultivo em larga escala.

Desta forma, a manutenção de altas densidades de rotíferos na larvicultura de *U. cordatus* se mostra eficiente para a maximizar a taxa de metamorfose para megalopa, além

de reduzir o tempo de desenvolvimento larval e uniformizar o ritmo de crescimento das larvas, diminuindo assim as perdas por canibalismo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUNHOSA, F. A., A. A. da SILVA NETO, M. A. MELO e L. O. de CARVALHO. 2002. Importância da alimentação e do alimento no primeiro estágio larval de *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae). **Revista Ciência Agronômica** 33(2):5-12.
- ALMEIDA, L. D. S., M. E. SANTOS e A. C. SANTOS. 2004. A problemática da queda na produção e qualidade do caranguejo-uçá em Sergipe. **VI Congresso Brasileiro de Geógrafos**, Goiânia, Goiás, Brasil, 18-23 Julho 2004.
- ALVES, R. R. da N. e A. K. NISHIDA. 2003. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura) do estuário do rio Mamanguape, nordeste do Brasil. **Interciência**, 28(1):36-43.
- BAYLON, J. C., M. E. A. BRAVO, e N. C. MANINGO. 2004. Ingestion of *Brachionus plicatilis* and *Artemia salina* nauplii by mud crab *Scylla serrata* larvae. **Aquaculture Research** 35:62-70.
- CHRISTOFOLETTI, R. A. 2005. **Ecologia trófica do Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Ocypodidae) e o fluxo de nutrientes em bosques de mangue, na região de Iguape (SP)**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- DAVIS, J. A., M. WILLE, T. HECHT e P. SORGELOOS. 2005. Optimal first feed organism for South African mud crab *Scylla serrata* (Forska) larvae. **Aquaculture International** 13:187-201.
- DERNER, R. B., S. OHSE, M. VILLELA, S. M. de CARVALHO e R. FETT. 2006. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural** 36(6):1959-1967.
- DHERT, P., G. ROMBAUT, G. SUANTIKA and P. SORGELOOS. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. **Aquaculture** 200:129-146.
- DUERR, E. O., A. MOLNAR e V. SATO. 1998. **Cultured microalgae as aquaculture feeds**. Journal of Marine Biotechnology 7:65-70.

- GLASER, M. 2003. Interrelations between mangrove ecosystem, local economy and social sustainability in Caeté Estuary, North Brazil. **Wetlands Ecology and Management** 11:265-272.
- GLASER, M. and K. DIELE. 2004. Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocyrodidae), in North Brazil. **Ecological Economics** 49:361-373.
- HAGIWARA A., K. SUGA, A. AKAZAWA, T. KOTANI e Y. SAKAKURA. 2007. Development of rotifer strains with useful traits for rearing fish larvae. **Aquaculture** 268:44-52.
- HAGIWARA, A., W. G. GALLARDO, M. ASSAVAAREE, T. KOTANI e A. B. de ARAUJO. 2001. Live food production in Japan: recent progress and future aspects. **Aquaculture** 200:111-127.
- JANKOWSKY, M., J. S. R. PIRES e N. NORDI. 2006. Contribuição ao manejo participativo do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L., 1763), em Cananéia – SP. **Boletim do Instituto de Pesca** 32(2):221-228.
- LOURENÇO, S. O. 2006. **Cultivo de microalgas marinhas – princípios e aplicações**. Rima Editora, São Carlos, Brasil.
- PINHEIRO, M. M. A. and A. G. FISCARELLI. 2001. **Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*)**. CEPSUL/IBAMA, Itajaí, Brasil, 43pp.
- Revista do GIA (Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais), 2006. O caranguejo-uçá pede socorro. **Revista do GIA (Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais)** 2: 8-12.
- SIEGEL S. e N. J. CASTELLAN Jr. 1988. **Nonparametrics statistics**. New York: McGraw-Hill.
- SILVA, U. A. 2002. **Cultivos Experimentais de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- SILVA, U. A., A. OSTRENSKY, R. VENTURA, A. F. SANTOS e W. A. BOEGER. 2006. Caranguejo-uçá, A produção em laboratório. **Panorama da Aqüicultura** 16:15-21.
- SILVA, U. A. 2007. **Recuperação populacional de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), através da liberação de formas imaturas em áreas antropicamente pressionadas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

- SPIVAK, E. 1997. Cangrejos estuariales del Atlántico sudoccidental (25°-41°S) (Crustacea: Decapoda: Brachyura). **Investigaciones Marinas** 25:105-120.
- THOMAZ, L. A., L. M. Y. OSHIRO, A. C. BAMBOZZI e J. T. de SEIXAS FILHO. 2004. Desempenho larval do camarão-d'água-doce (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) submetido a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia** 33:1934-1941.
- VENTURA, R. 2006. **Canibalismo e assentamento de formas jovens de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em condições de laboratório.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.
- WELCH J.M. e C.E. EPIFANIO. 1995. Effect of variations in prey abundance on growth and development of crab larvae reared in laboratory and in large field-deployed enclosures, **Marine Ecology, Progress Series** 116(1-3):55-64.
- WOLFF, M, V. KOCH e V. ISAAC. 2000. A Trophic Flow Model of the Caeté Mangrove Estuary (North Brazil) with Considerations for the Sustainable Use of its Resources. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 50:789-803.
- ZMORA, O., A. FINDIESEN, J. STUBBLEFIELD, V. FRENKEL e Y. ZOHAR. 2005. Large-scale juvenile production of the blue crab *Callinectes sapidus*. **Aquaculture** 244:129-139.

CAPÍTULO IV

EFEITOS DO USO DE DIFERENTES ESPÉCIES DE MICROALGAS NA ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DE *Ucides cordatus* (L.).

RESUMO

A efetiva consolidação da tecnologia de produção em larga escala de larvas de caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) é essencial para o atendimento a projetos de repovoamento em áreas antropicamente pressionadas. O objetivo deste trabalho foi testar os efeitos do fornecimento de quatro diferentes espécies de microalgas (*Chaetoceros mulleri*, *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis gracilis* e *Thalassiosira fluviatilis*) sobre o tempo de desenvolvimento larval e sobre a taxa de metamorfose para a fase de megalopa de *U. cordatus*, em condições laboratoriais. As zoeas utilizadas nos experimentos eclodiram em laboratório, a partir de fêmeas ovíferas coletadas nos manguezais paranaenses. A temperatura foi mantida em 26 °C, e a salinidade em 30. As metamorfoses para megalopa e o tempo de desenvolvimento das zoeas foram significativamente afetados pela utilização de dietas com diferentes espécies de microalgas. Os resultados sugerem que, dentre as espécies testadas, a microalga *T. fluviatilis* se mostrou a mais adequada para a larvicultura de *U. cordatus*. Zoeas alimentadas com esta microalga apresentaram as maiores taxas de metamorfose e o menor tempo de desenvolvimento até a fase de megalopa.

1. INTRODUÇÃO

O caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), é um dos recursos naturais mais explorados por populações tradicionais que vivem em zonas adjacentes a manguezais, ao longo de toda a costa brasileira (Freire, 1998; Ivo e Gesteira, 1999). Em 2004, a produção extrativista de caranguejo-uçá no Brasil foi estimada em 9.308 toneladas, volume que, entre os crustáceos, foi inferior apenas ao da pesca do camarão-sete-barbas (*Xyphopenaeus kroyeri*) (Heller, 1862) (IBAMA, 2005). Entretanto, o volume real extraído pode ser muito maior, em função do caráter artesanal e informal da atividade.

Nos últimos anos têm-se registrado uma crescente tendência de declínio populacional do caranguejo-uçá em função de fatores como o aumento do esforço de captura (Abrunhosa *et al.*, 2002; Almeida, 2004; Alves e Nishida, 2003); a modificação e a degradação dos seus habitats pela ação humana (Almeida, 2004) e, mais recentemente, a ocorrência de mortalidades massivas causadas pela Doença do Caranguejo Letárgico (Boeger *et al.*, 2005; Revista do Gia, 2006).

Assim, cada vez mais a conservação deste recurso passa a depender de ações como a criação de áreas de preservação, o estabelecimento de períodos de defeso e, mais

recentemente, o desenvolvimento de tecnologias de produção de larvas em grande escala, para recomposição de áreas alteradas (Silva, 2007).

Apesar dos avanços registrados nos últimos anos, esta tecnologia ainda não está suficientemente consolidada para o integral atendimento das demandas dos projetos de repovoamento. Até o momento, não se conseguiu controlar o processo de indução à maturação e a desova de fêmeas de *U. cordatus* em laboratório. Por isso, a tecnologia de larvicultura do caranguejo-uçá está baseada na coleta de fêmeas ovígeras nos manguezais e na posterior eclosão das larvas e seu cultivo em laboratório, o que limita todo o processo produtivo a um período relativamente curto de ocorrência de fêmeas ovígeras na natureza. No litoral paranaense, por exemplo, isto ocorre apenas durante cerca de quatro meses ao ano (Castilho, 2006), o que possibilita a realização de apenas quatro ciclos produtivos por temporada.

Em laboratório, as zoeas obtidas nas desovas desenvolvem-se até a sua metamorfose para a fase de megalopa, quando estão aptas a serem liberadas nos manguezais (Ventura, 2006). As taxas finais de sobrevivência até a fase de megalopa raramente superam o patamar de 10 a 15 %, após cerca de 30 dias de cultivo (Silva *et al.*, 2006).

Segundo Zmora *et al.* (2005), a ocorrência de múltiplos estágios de desenvolvimento pós-embrionário demanda um complexo e elaborado protocolo de alimentação e manejo durante a fase de larvicultura. Ao contrário da alimentação de adultos, o uso de rações e alimentos inertes nesta etapa é dificultado pelas exigências de um alimento que compatibilize tamanho adequado, aceitação pelas larvas, baixa contaminação do ambiente, facilidade de se manter em suspensão e a possibilidade de produção ou obtenção desse alimento em larga escala. Desta forma, a utilização de microalgas e a escolha da espécie mais adequada para alimentação dos estágios larvais podem ser considerados pontos-chave para o sucesso da larvicultura de crustáceos (Duerr *et al.*, 1998).

O presente estudo foi realizado com o objetivo de se avaliar os efeitos de quatro diferentes espécies de microalgas, dentre as mais comumente utilizadas na larvicultura de crustáceos decápodes, sobre a duração da fase de zoea e sobre a taxa de metamorfose para a fase de megalopa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Quinze fêmeas ovígeras de *U. cordatus* foram coletadas em manguezais da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) (25°25' S, 48°23' W) e transportadas até o Laboratório de

Pesquisas com Organismos Aquáticos (LAPOA), do Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais, da Universidade Federal do Paraná (GIA/UFPR), em Curitiba, Paraná. As fêmeas foram mantidas em um tanque de polietileno de cor preta, com capacidade para 1.000 L, contendo água mantida em condições controladas (temperatura 25 ± 1 °C). Toda a água utilizada na manutenção das fêmeas, nos experimentos e nos cultivos de microalgas e rotíferos era de origem marinha, com salinidade 30 e previamente desinfetada (com 5 ppm de hipoclorito de sódio por 24 h, seguido de neutralização com tiosulfato de sódio) e filtrada (através de filtros de cartucho de celulose com porosidade de 0,5 µm).

Os experimentos foram realizados em uma sala climatizada (temperatura 26 °C, fotoperíodo de 16L:8E). A montagem do experimento teve início cerca de 24 h após a eclosão das larvas, período em que as mesmas não foram alimentadas. Foram utilizados recipientes plásticos de 200 ml como unidades experimentais. Cada unidade recebeu 15 larvas no estágio de zoea I (correspondendo à densidade de 75 larvas/L), escolhidas ao acaso dentre um universo de cerca de 10.000 larvas recém eclodidas. Para cada tratamento (espécie de microalga), foram testadas 15 réplicas, totalizando 225 larvas. No tratamento controle as unidades experimentais não receberam nenhuma espécie de microalga (Tabela 6).

Tabela 5. Concentrações de microalgas e rotíferos utilizadas nos tratamentos testados em zoeas de *U. cordatus* cultivadas até a sua metamorfose para a fase de megalopa.

Tratamento	Espécie de Microalga	Concentração (cels/ml)	Rotíferos (ind./ml)
Controle	-	-	40
CMU	<i>Chaetoceros muelleri</i>	400.000	40
NOC	<i>Nannochloropsis oculata</i>	1.500.000	40
TG	<i>Tetraselmis gracilis</i>	50.000	40
TFL	<i>Thalassiosira fluviatilis</i>	50.000	40

Foram testadas quatro espécies de microalgas: a eustigmatofícea *Nannochloropsis oculata* (M.R. Droop D. J. Hibberd, 1981), a prasinofícea *Tetraselmis gracilis* (Kyllin (1935) Butcher 1959), e as diatomáceas (bacilariofíceas) *Chaetoceros muelleri* (Lemmerman, 1898) e *Thalassiosira fluviatilis* (Hustedt, 1926). Foram utilizadas cepas de microalgas provenientes do Laboratório de Fisiologia e Cultivo de Algas (Universidade Federal Fluminense, Brasil). As espécies de microalgas, bem como as concentrações utilizadas, foram definidas dentre as mais comumente utilizadas na aqüicultura (Borowitzka, 1997; Derner *et al*, 2006; Lourenço, 2006) e as usualmente empregadas no setor de larvicultura em larga escala do LAPOA/GIA (Silva, 2007). As microalgas foram cultivadas até o volume

final de dois litros, utilizando o sistema de cultivo “batch” (Derner, 2006) e em meio de cultura *Guillard's f/2* modificado (Lourenço, 2006).

Além das microalgas, diariamente eram adicionados rotíferos da espécie *Brachionus plicatilis* (Müller, 1786) em todas as unidades experimentais, na densidade de 40 rotíferos por ml de água do cultivo. Os rotíferos utilizados nos experimentos foram cultivados em sistema semi-contínuo, em ciclos de quatro dias, utilizando a microalga *N. oculata* como alimento (Duerr *et al.*, 1998). Os rotíferos eram retirados dos tanques cerca de duas horas antes do fornecimento às larvas, concentrados e lavados em água marinha para retirada de vestígios da microalga com que foram alimentados.

O experimento foi realizado em sistema semi-estático. Diariamente, as larvas de cada unidade experimental eram recolhidas com uma pipeta de Pasteur e os dados de sobrevivência registrados. O recipiente plástico era então esvaziado, lavado e novamente preenchido de acordo com o tratamento correspondente. Após a renovação da água de cultivo, as larvas eram devolvidas às suas respectivas unidades experimentais. As megalopas eram retiradas para se evitar o efeito de canibalismo sobre as zoeas que ainda não tivessem completado a metamorfose. Também eram retiradas as larvas que morriam durante a realização do experimento. O experimento prosseguiu até o momento em que não restaram mais zoeas vivas nas unidades experimentais.

Os dados obtidos foram analisados ao nível de significância de 5%, através do programa Statistica® 7.0. Foram realizados os testes de normalidade (Teste W de Shapiro-Wilk) e homogeneidade da variância (Teste de Levene). Estes demonstraram, respectivamente, que a distribuição não se ajustava à curva normal de Gauss e que a variância entre os diferentes grupos não era homogênea. Sendo assim, as comparações entre os tratamentos testados foram feitas pelo teste de análise de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido por teste a posteriori de comparação de médias ranqueadas dos pares agrupados (Siegel e Castellan 1988). Os dados referentes à longevidade das larvas foram avaliados por meio de análise de sobrevivência, através do método não-paramétrico de Kaplan-Meier.

3. RESULTADOS

O experimento teve duração total de 39 dias, período em que a totalidade das larvas completou o seu desenvolvimento até a fase de megalopa ou então morreu, não restando mais nenhuma zoea nas unidades experimentais (Fig. 5).

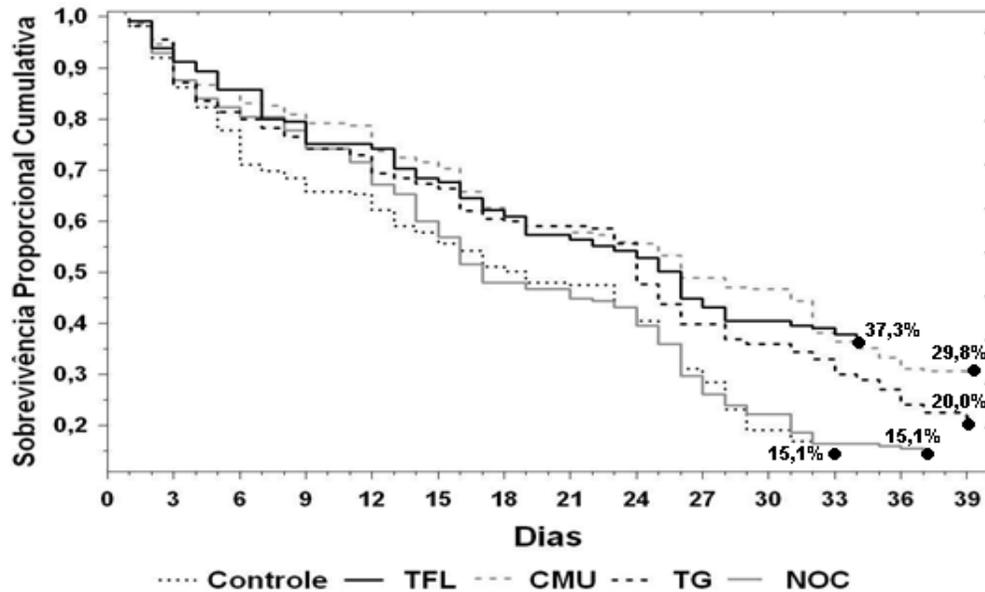


Figura 5. Curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier apresentada por larvas de *U. cordatus* alimentadas com diferentes espécies de microalgas (para abreviaturas, ver Tabela 6) até a sua metamorfose para a fase de megalopa.

A maior taxa final de sobrevivência até a fase de megalopa foi obtida no tratamento em que foi utilizada a microalga *T. fluviatilis* (37,3 %). As menores taxas foram registradas no tratamento controle e naquele alimentado com a microalga *N. oculata* (15,1 %). As metamorfoses para a fase de megalopa iniciaram-se a partir do 22º dia de cultivo e se estenderam até o 37º dia (Fig. 6).

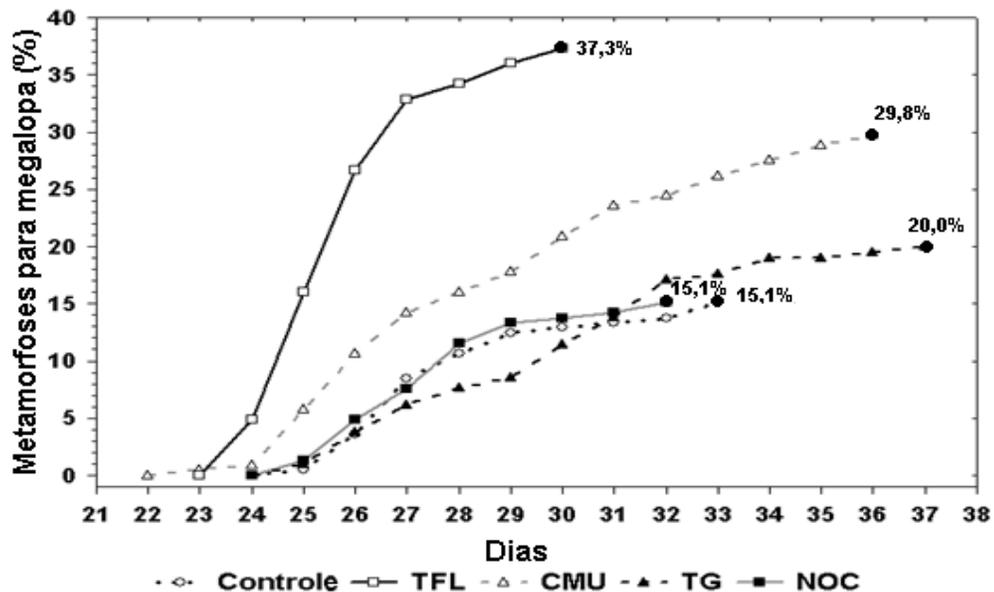


Figura 6. Percentual acumulado de metamorfoses para a fase de megalopa obtido em cultivo experimental com zoeas de *U. cordatus* alimentadas com diferentes espécies de microalgas (tabela 6).

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) tanto nas taxas de metamorfose para megalopa, quanto no tempo gasto neste processo, em função do fornecimento das diferentes microalgas testadas. As maiores taxas de metamorfose ocorreram nos tratamentos em que foram utilizadas as diatomáceas *T. fluviatilis* e *C. mulleri*. Apenas nestes dois tratamentos ocorreram significativamente ($p < 0,05$) mais ecdises para megalopa do que no tratamento controle (Fig. 7).

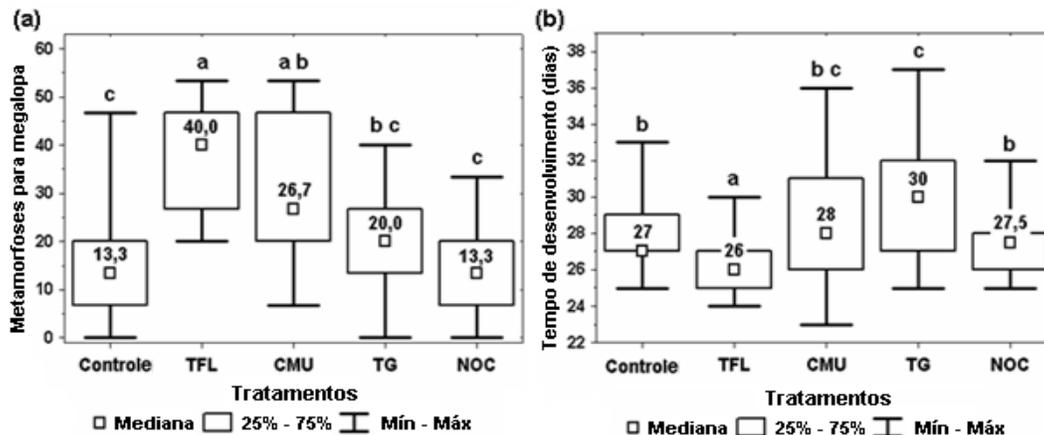


Figura 7. Percentagem de larvas de *U. cordatus* que completaram o desenvolvimento até a fase de megalopa (3a) e tempo de desenvolvimento larval até a realização da metamorfose da fase de zoea para megalopa (3b), alimentadas com diferentes espécies de microalgas (Tabela 6). Os dados estão expressos em mediana (os números nas caixas), 25 e 75 percentis (as caixas) e valores mínimos e máximos (whiskers). As letras indicam os grupos homogêneos ($p > 0,05$).

4. DISCUSSÃO

Tecnicamente, os melhores resultados para a larvicultura de *U. cordatus* foram obtidos com as duas espécies de diatomáceas testadas (*T. fluviatilis* e *C. mulleri*), em detrimento das demais microalgas (*T. gracilis* e *N. oculata*). Este resultado diverge do obtido por Silva (2007), que estudou a mesma espécie de caranguejo, porém em condições de cultivo similares às utilizadas na larvicultura em larga escala. Nos seus experimentos, aquele autor observou que as maiores taxas de sobrevivência ocorreram em tratamentos utilizando as microalgas *C. muelleri* e *T. gracilis*, e o pior resultado no tratamento utilizando uma diatomácea do gênero *Thalassiosira* (*T. weissflogii*).

Entretanto, diversos autores têm obtido resultados satisfatórios a partir da utilização de diatomáceas na larvicultura das principais espécies de crustáceos decápodes. Olivera *et al.* (1992), obtiveram sobrevivências de até 95% para larvas de camarões da espécie *Litopenaeus schmitti* com a utilização de *T. fluviatilis*, resultados esses superiores aos

observados com o uso de *Tetraselmis tetrathele* e *Chaetoceros sp.*, isoladamente ou combinadas. Naranjo *et al.* (1999), estudando a espécie *Penaeus californienses*, observaram resultados consistentemente superiores a partir do uso da diatomácea *Chaetoceros gracilis* frente às microalgas *Isochrysis galbana* e *Dunaliella sp.*, no que se refere à sobrevivência e à velocidade de desenvolvimento das larvas. Piña *et al.* (2006), em ensaios com protozoas de *Litopenaeus vannamei*, obtiveram a maior sobrevivência larval no tratamento utilizando *C. mulleri*, seguido pelos tratamentos alimentados com *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis sp.*, e combinações destas. De acordo com Lourenço (2006), o alto valor nutricional das diatomáceas deriva em parte da presença de ácidos graxos poliinsaturados em altas concentrações. Contudo, pouco ainda se conhece sobre os requerimentos nutricionais de larvas de *U. cordatus*.

As larvas do tratamento controle apresentaram um desempenho inferior às dos demais até o sexto dia de cultivo, coincidindo com o período de tempo médio necessário para as larvas atingirem o estágio de zoea II (Silva 2007). Segundo Anger (2001), as larvas de crustáceos marinhos selecionam as suas presas de acordo com sua capacidade de apreensão do alimento, que, por sua vez, vai aumentando à medida que crescem. Assim, os dados sugerem que o tamanho dos rotíferos (entre 250 µm a 300 µm) dificulta sua apreensão pelas larvas de *U. cordatus* durante o estágio de zoea I, tornando-os menos adequados como alimento nesse período que as microalgas (cujo tamanho varia de 5 a 20 µm). Isto evidencia uma possível inadequação de uma dieta baseada exclusivamente em *B. plicatilis* para larvas de *U. cordatus* neste estágio da larvicultura, além de suscitar dúvidas sobre a necessidade do fornecimento de rotíferos nos dias iniciais de cultivo.

Rotíferos da espécie *B. plicatilis* são filtradores não-seletivos, podendo ingerir qualquer partícula com tamanho de até 12–15 µm, o que permite que funcionem como bioencapsuladores de microalgas, produtos comerciais ou emulsões laboratoriais (Blanco e Tacon, 1989). Desta forma os rotíferos transferem indiretamente nutrientes essenciais presentes nas microalgas para as larvas de crustáceos (Brown *et al.* 1998). Apesar da aparente inadequação da dieta exclusiva com rotíferos para os estágios iniciais, os resultados finais observados entre o tratamento controle e para aquele em que foi utilizada a microalga *N. oculata* foram muito similares. Como os rotíferos utilizados no experimento foram previamente alimentados com a microalga *N. oculata*, é possível que os rotíferos tenham indiretamente disponibilizado os nutrientes presentes da microalga às larvas. Este fato leva a crer que a manipulação da espécie de microalga utilizada na alimentação dos rotíferos pode ser uma alternativa eficiente para combinar os valores nutricionais de diferentes microalgas, diversificando os nutrientes e garantindo uma alimentação mais adequada para a larvicultura de *U. cordatus*.

Com base nos resultados aqui obtidos, evidencia-se a adequação da microalga *T. fluviatilis* na larvicultura de *U. cordatus*, sendo ainda, entretanto, necessária a validação deste resultado através de experimentos realizados em condições similares às empregadas na produção de larvas em larga escala.

5. REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, F. A., A. A. da SILVA NETO, M. A. MELO e L. O. de CARVALHO. 2002. **Importância da alimentação e do alimento no primeiro estágio larval de *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae).** Revista Ciência Agronômica 33(2):5-12.
- ALMEIDA, L. D. S., M. E. SANTOS e A. C. SANTOS. 2004. **A problemática da queda na produção e qualidade do caranguejo-uçá em Sergipe.** VI Congresso Brasileiro de Geógrafos, Goiânia, Goiás, Brasil, 18-23 Julho 2004.
- ALVES, R. R. N. e A. K. NISHIDA, 2003. **Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (decapoda, brachyura) do estuário do rio Mamanguape, Nordeste do Brasil.** Interciencia, 28(1):36-43.
- ANGER, K. **The biology of decapod crustacean larvae.** Crustacean Issues. V. 14. Balkema A. A. publishers, Rotterdam, Netherlands, 420 pp. 2001.
- BLANCO, L. T. e J. A. G. TACON. 1989. **La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura.** FAO Documento de campo No. 12, Proyecto GCP/RLA/075/ITA, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- BOEGER, W. A., M. R. PIE, A. OSTRENSKY e L. PATELLA. 2005. **Lethargic crab disease: multidisciplinary evidence supports a micotic etiology.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 100(2):161-167.
- BOROWITZKA, M. A. 1997. **Microalgae for aquaculture: Opportunities and constraints.** Journal of Applied Phycology 9:393-401.
- BROWN, M. R., S. SKABO e B. WILKINSON. 1998. **The enrichment and retention of ascorbic acid in rotifers fed microalgal diets.** Aquaculture Nutrition 4:151-156.
- CASTILHO, G. G. 2006. **Aspectos Reprodutivos do Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), na Baía de Antonina e Paranaguá, Paraná, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

- DERNER, R. B. 2006. **Efeito de fontes de carbono no crescimento e na composição bioquímica das algas *Chaetoceros mulleri* e *Thalassiosira fluviatilis*, com ênfase no teor de ácidos graxos poliinsaturados.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- DERNER, R. B., S. OHSE, M. VILLELA, S. M. de CARVALHO e R. FETT. 2006. **Microalgas, produtos e aplicações.** Ciência Rural 36(6):1959-1967.
- DUERR, E. O., A. MOLNAR e V. SATO. 1998. **Cultured microalgae as aquaculture feeds.** Journal of Marine Biotechnology 7:65-70.
- FREIRE, A. S. 1998. **Dispersão Larval do Caranguejo do Mangue, *Ucides cordatus*, em manguezais da Baía de Paranaguá, Paraná.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), 2005. **Estatísticas da Pesca – 2004: Grandes regiões e unidades da federação.** MMA/CGREP, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- IVO, C. T. C. e T. C. V. GESTEIRA. 1999. **Sinopse das observações sobre a bioecologia e pesca do caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) capturado em estuários de sua área de ocorrência no Brasil.** Boletim Técnico-Científico do CEPENE 7(2):9-52.
- LOURENÇO, S. O. 2006. **Cultivo de microalgas marinhas – princípios e aplicações.** Rima Editora, São Carlos, Brasil.
- MELO, G. A. S. 1996. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro.** Editora Plêiade/FAPESP, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- MULLER-FEUGA, A. 2000. **The role of microalgae in aquaculture: situation and trends.** Journal of Applied Phycology 12:527-534.
- NARANJO, J., A. PORCHAS, M. ROBLES, F. J. MAGALLÓN, J. VALDEZ e H. VILLARREAL. 1999. **Sobrevivencia, metamorfosis y crecimiento de larvas del camarón *Penaeus californiensis* (Decapoda: Peneidae) alimentadas con diferentes microalgas.** Revista de Biología Tropical 47(4):917-922.
- OLIVERA, A., E. BELTRAME e L. VINATEA. 1992. **Efecto del uso individual de *Chaetoceros* sp. y *Thalassiosira fluviatilis* asi como sus combinaciones con *Tetraselle* y *Tetraselmis* sp. en el crecimiento de larvas de *Penaeus schmitti* (Burkenroad, 1936).** I congresso Ecuatoriano de Acuicultura. Guayaquil. Ecuador, 19-23 Outubro 1992.
- PINÃ, P., D. VOLTOLINA, M. NIEVES e M. ROBLES. 2006. **Survival, development and growth of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* protozoa larvae, fed with monoalgal and mixed diets.** Aquaculture 253:523-530.

REVISTA DO GIA (Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais), 2006. **Desvendando uma tragédia nos manguezais brasileiros.** 2:49- .

RODRIGUES, M. D. 1982. **Desenvolvimento pós-embrionário de *Ucides cordatus* (Linnaeus 1763) (Crustácea, Decapoda, Gecarcinidae).** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, São Paulo, Brasil.

SIEGEL S. e N. J. CASTELLAN Jr. 1988. Nonparametrics statistics. New York: McGraw-Hill.

SILVA, U. T. A., A. OSTRENSKY, R. VENTURA, A. F. SANTOS e W. A. BOEGER. 2006. **Caranguejo-uçá, a produção em laboratório.** Panorama da Aqüicultura, 16:15-21.

SILVA, U. T. A. 2007. **Recuperação populacional de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), através da liberação de formas imaturas em áreas antropicamente pressionadas.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

VENTURA, R. 2006. **Canibalismo e assentamento de formas jovens de Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em condições de laboratório.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

ZMORA, O., A. FINDIESEN, J. STUBBLEFIELD, V. FRENKEL e Y. ZOHAR. 2005. **Large-scale juvenile production of the blue crab *Callinectes sapidus*.** Aquaculture 244:129-139.

CAPÍTULO V

UTILIZAÇÃO DE ORGANISMOS-ALIMENTO NA LARVICULTURA DO CARANGUEJO-UÇÁ

O cultivo em larga escala de larvas de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, é hoje uma realidade para o Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais (GIA), da Universidade Federal do Paraná. Mas, ao contrário do que ocorre com outros crustáceos, o desenvolvimento desta tecnologia não tem fins comerciais, pois o caranguejo-uçá leva em média de seis a sete anos para atingir o tamanho comercial, o que compromete qualquer tentativa de viabilização econômica dos empreendimentos. Assim, o processo de larvicultura de caranguejo-uçá tem como finalidade atender às demandas de diversos projetos de repovoamento, como uma das ferramentas utilizadas na recuperação de ambientes costeiros e de reposição dos estoques naturais da espécie.

Na natureza, de um modo geral, larvas de crustáceos marinhos desenvolvem-se nas regiões costeiras, onde se alimentam de uma extensa variedade de componentes do fito e do zooplâncton, e, por sua vez, podem servir de alimento para espécies maiores.

Já nos tanques de larvicultura, as larvas de *U. cordatus* são mantidas em cultura monoespecífica e em densidades milhares de vezes superiores às encontradas no ambiente natural. Devido à ausência de predadores e à manutenção de condições ambientais estáveis, espera-se que a sobrevivência larval alcance também valores drasticamente superiores às que ocorrem na natureza.

Para dar suporte ao desenvolvimento de tamanha biomassa nos tanques de cultivo, o domínio da tecnologia de alimentação larval

torna-se um ponto crucial para o sucesso da larvicultura do caranguejo-uçá. Entretanto, os estudos voltados ao refinamento das técnicas de alimentação de larvas de *U. cordatus* são muito recentes, intensificando-se apenas a partir de 2005.

Entendendo a importância da sincronização no desenvolvimento larval do caranguejo-uçá

Na presente dissertação, foram realizados experimentos científicos sob condições similares às empregadas na larvicultura do caranguejo-uçá em larga



Figura 8 – Experimentos de alimentação larval conduzidos em sala climatizada no LAPOA.

escala. Os experimentos foram conduzidos em salas climatizadas do LAPOA (Laboratório de Pesquisas com Organismos Aquáticos - GIA), sob condições constantes de temperatura, salinidade, pH, e fotoperíodo (Figura 7).

Ao longo do estudo, foram testadas quatro espécies de microalgas, diferentes concentrações de rotíferos e uma dieta exclusivamente a base náuplios de artêmia. Os experimentos foram realizados tanto em

unidades de cultivo individual, quanto em recipientes “coletivos”, de modo a se isolarem e analisarem os efeitos da competição e do canibalismo entre as larvas.

Nas unidades de cultivo individual, a sobrevivência até a fase de megalopa foi em média 10% maior do que a obtida nos recipientes onde foram cultivadas simultaneamente várias larvas. Entretanto, nas unidades coletivas as larvas abreviaram o tempo gasto no desenvolvimento larval em seis dias, em relação às do cultivo individual (Figura 8).

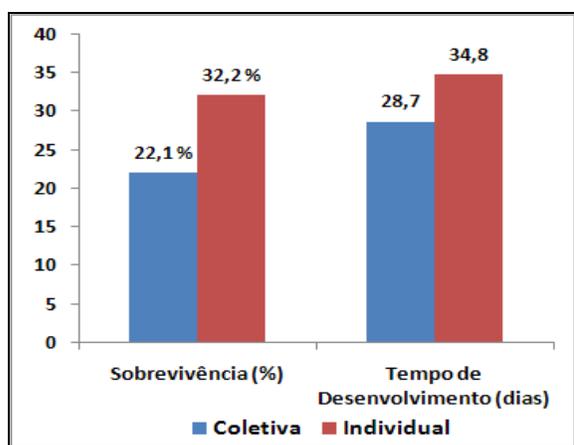


Figura 9 – Comparação entre a taxa média de sobrevivência e o tempo médio de desenvolvimento larval até a fase de megalopa, em unidades experimentais individuais e em coletivas.

Uma hipótese levantada foi a de que o cultivo em unidades experimentais individuais anula o efeito de canibalismo das megalopas recém metamorfoseadas sobre as outras larvas ainda na fase de zoea, além da própria competição entre as zoeas. Assim, nesta condição peculiar – sem sofrer qualquer tipo de perturbação e com alimento abundante – mesmo larvas com crescimento lento e problemas de desenvolvimento conseguiram alcançar a fase de megalopa.

Nos recipientes de cultivo coletivo, a exemplo do que ocorre nos tanques de cultivo realizados em larga escala, as larvas estão constantemente expostas ao contato e à interação agonística com outras larvas, muitas vezes em estágios diferentes de desenvolvimento.

Por esse motivo, parece não mais restar dúvidas de que, além da sobrevivência até a fase de megalopa e do tempo de desenvolvimento larval, a sincronidade com que as larvas se desenvolvem e realizam a metamorfose para megalopa, são fatores que devem também ser considerados decisivos na avaliação do protocolo alimentar, influenciando diretamente no sucesso ou no fracasso das larviculturas. Nos cultivos em larga escala, a sincronidade no desenvolvimento larval facilita a despesca, simplifica a definição da estratégia alimentar e minimiza as perdas com canibalismo.

Testando diferentes alimentos

Dentre as microalgas testadas (Figura 9), as diatomáceas *T. fluviatilis* e *C. mulleri* foram as que apresentaram os melhores resultados relativos à sobrevivência, ao tempo de desenvolvimento e à sincronidade de metamorfose das larvas (Figura 10).

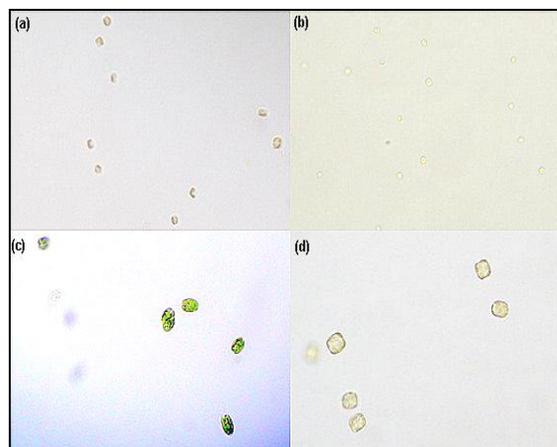


Figura 10 – Espécies de microalgas utilizadas nos experimentos: (a) *C. mulleri*, (b) *N. oculata*, (c) *T. gracilis* e (d) *T. fluviatilis*. (40 X).

A maior taxa de sobrevivência alcançada nos cultivos experimentais realizados foi obtida com o fornecimento da microalga *C. mulleri* (52,5%). Entretanto esses resultados foram obtidos em unidades experimentais individuais, e não se repetiram nas unidades coletivas, nas quais a espécie

Unidade Experimental	Microalgas (cels./ml)	Rotíferos (ind./ml)	Sobrevivência Final (%)	Tempo de Desenvolvimento (Mediana)				
				25	30	35	40	45
Individual	<i>C. mulleri</i> (400.000)	40	52,5%	31				
Individual	<i>C. mulleri</i> (400.000)	20	45,0%	31				
Individual	<i>C. mulleri</i> (400.000)	10	37,5%	36				
Individual	<i>T. gracilis</i> (50.000)	10	37,5%	33				
Coletiva	<i>T. fluviatilis</i> (50.000)	40	37,3%	26				
Coletiva	<i>C. mulleri</i> (400.000)	40	29,8%	28				
Individual	<i>T. fluviatilis</i> (50.000)	10	27,5%	32				
Coletiva	<i>T. gracilis</i> (50.000)	40	20,0%	30				
Coletiva	<i>C. mulleri</i> (400.000)	10	18,3%	30				
Individual	<i>N. oculata</i> (1.500.000)	10	17,5%	45				
Coletiva	-	10	15,6%	36				
Coletiva	-	40	15,1%	27				
Coletiva	<i>N. oculata</i> (1.500.000)	40	15,1%	27,5				
Coletiva	<i>N. oculata</i> (1.500.000)	10	13,9%	34				
Individual	-	10	10,0%	38,5				
Coletiva	-	10	9,7%	36				
Coletiva	<i>P. lutheri</i> (350.000)	10	2,2%	34,5				
Individual	-	-	0,0%					

Figura 11 - Sobrevivência final e tempo de desenvolvimento até a metamorfose para megalopa de larvas dos diferentes tratamentos testados ao longo dos cultivos experimentais.

T. fluviatilis forneceu os melhores resultados (37,3 % de sobrevivência final).

Nos dois experimentos o tempo de desenvolvimento larval foi cerca de dois dias menor nos tratamentos com *T. fluviatilis*. Os tratamentos utilizando esta microalga também produziram os melhores resultados quanto à sincronização das metamorfoses.

Já a espécie *N. oculata*, apesar dos reconhecidos teores mais elevados de ácidos graxos essenciais que apresenta, foi dentre as microalgas utilizadas, a que apresentou os piores resultados nos experimentos realizados.

Esta é a espécie mais largamente utilizada na produção de rotíferos, e não por acaso, foi também a utilizada no cultivo dos rotíferos utilizados nestes experimentos. Como já foi largamente demonstrado em publicações especializadas, os nutrientes existentes nas microalgas podem ser disponibilizados às larvas através dos rotíferos (em um processo conhecido por bioencapsulação). Assim, as larvas de todos os tratamentos – menos os em que se utilizou *N. oculata* – “somavam” o valor nutricional de duas microalgas.



Figura 12 - Rotíferos da espécie *B. plicatilis*.

Entretanto, atualmente parece não haver alimento que se equipare ao desempenho da microalga *N. oculata* na produção de rotíferos em larga escala. Como os rotíferos são indispensáveis na larvicultura de *U. cordatus*, esta dupla fonte de nutrientes é uma constante também nos tanques de cultivo, o que torna os resultados aqui obtidos ainda mais importantes para a consolidação da tecnologia de produção de larvas em larga escala.

Ainda quanto à utilização de rotíferos da espécie *B. plicatilis* (Figura 11), os resultados sugerem que a densidade deste organismo-alimento atualmente utilizada (6

ind./ml) encontra-se muita aquém das concentrações ideais para obtenção de melhores resultados na larvicultura de *U. cordatus*.

Experiências anteriores nos cultivos em larga escala realizados pelo GIA apontam que a manutenção de altas concentrações de rotíferos, além de muito mais dispendiosa, sobrecarrega o microambiente do tanque de cultivo, exigindo renovações de água proporcionalmente maiores e aumentando risco de colapso da larvicultura. Mesmo assim, os resultados indicam que há necessidade de se aumentar as concentrações de rotíferos fornecidas às larvas para níveis intermediários (entre 15-25 ind./ml).

No que se refere à utilização de náuplios de artêmia (Figura 12) na alimentação larval de *U. cordatus*, ficou evidente a inadequação de um protocolo baseado exclusivamente no fornecimento deste microcrustáceo. Esta limitação aparentemente decorre do tamanho reduzido dos primeiros estágios de zoea desta espécie quando comparados ao próprio tamanho dos náuplios de artêmia. Entretanto, como observado na produção em larga escala de larvas de caranguejo-uçá, a utilização de náuplios de artêmia na alimentação de estágios larvais mais avançados pode ser uma alternativa viável, que deve ser melhor avaliada em estudos posteriores.



Figura 13 - Náuplios recém eclodidos de *Artemia* sp., utilizados na alimentação das larvas

Outra constatação é a enorme disparidade de valores dos resultados obtidos nos experimentos realizados em relação às taxas médias de produção nos tanques de larvicultura.

A simplificação implícita em qualquer delineamento experimental pode afetar sobremaneira a extrapolação das conclusões para as circunstâncias reais dos tanques de larvicultura, onde a interação e a interdependência das variáveis são a base de um sistema dinâmico e extremamente complexo.

Desta forma, todos os resultados aqui obtidos deverão agora ser validados em circunstâncias e dimensões reais de cultivo em larga escala, para que possam ser efetivamente incorporados às técnicas de produção de larvas do caranguejo-uçá em laboratório.