

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SEROTONINA (5-HT) E DA MONOABLAÇÃO DO PEDÚNCULO OCULAR NA INDUÇÃO DA MATURAÇÃO OVARIANA DE *Penaeus penicillatus* (ALCOCK, 1905)

OLIVEIRA, P. S. P.¹ e CORRÊA, A. M. A.²

¹Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador,
Av. Pinto de Aguiar, s/n, Campus de Pítuáçu, Salvador, BA

²Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, UFBA, Av. Ademar de Barros, s/n,
Campus Universitário, Ondina, CEP 40170-290, Salvador, BA

Correspondência para: Angélica Maria Araújo Corrêa, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, UFBA,
Av. Ademar de Barros, s/n, Campus Universitário, Ondina, CEP 40170-290, Salvador, BA, e-mail: angelica@ufba.br

Recebido em 03/03/98 – Aceito em 04/09/98 – Distribuído em 30/06/99

(Com 1 figura)

ABSTRACT

Evaluation of the effect of serotonin (5-HT) and eyestalk monoablation on the induction of ovary maturation in *Penaeus Penicillatus* (Alcock, 1905)

The effects of serotonin and of the monoablation of eyestalk on the induction of gonadal development of *Penaeus penicillatus* (red tail shrimp) were investigated. Immature females with an average weight of 20 g were selected and randomly distributed into four groups of 5 animals as follows: initial control group (IC), sacrificed at the 1st day of the experiment; parallel control group (CG), injected with 0.05 ml of saline solution; monoablated group (AG), submitted to monoablation at day 0 and injected with 0.05ml of saline immediately after the monoablation and on the 5th day; serotonin group (SG), injected with 0.05 ml of serotonin, dissolved in saline solution, both on day 0 on the 5th day, in a total dose of 15 µg per gram of animal's weight ($7,74 \times 10^{-7}$ mol). Animals were sacrificed on day 0 for the initial control group (IC), and on the 5th, 10th and 15th days for the other groups. A fragment from the front lobe of the animal's gonad was fixed in aqueous Bouin and processed with the usual optic microscopy techniques. Analyses consisted of a morphological description of cells and measurements of the diameter of oocytes, which gave evidence to the stimulating role of serotonin and of monoablation on gonad maturation. The statistical analysis (Anova – SNK, $P < 0.05$) of the diameter values of oocytes showed monoablation to be more effective in inducing ovary maturation than serotonin at the concentration used ($7,74 \times 10^{-7}$ mol).

Key words: *Penaeus* sp., serotonin, 5-HT, reproduction, ovary maturation.

RESUMO

O efeito da serotonina e da monoablação do pedúnculo ocular na indução do desenvolvimento gonadal de *Penaeus penicillatus* (camarão do rabo vermelho) foi investigado. Fêmeas imaturas com peso médio de 20 g foram selecionadas e distribuídas de maneira aleatória em quatro grupos de 5 animais com uma réplica para cada grupo: grupo controle inicial (CI), sacrificado no 1º dia do experimento; grupo controle paralelo (GC), injetado com 0,05 ml de solução salina; grupo monoablado (GA), submetido à monoablação no dia 0 e injetado com 0,05 ml de solução salina logo após a monoablação e no 5º dia; grupo serotonina (GS), injetado com 0,05 ml de serotonina dissolvida em solução salina no dia 0 e 5º dia, numa dose total de 15 µg por grama de peso do animal ($7,74 \times 10^{-7}$ mol). Os animais do grupo controle inicial (CI) foram sacrificados no dia 0, e no 5º, 10º e 15º dias para os demais grupos, respectivamente. Fragmentos dos lóbulos anteriores das gônadas dos animais foram fixados em Bouin

aquoso e processados com as técnicas usuais de microscopia óptica. As análises consistiram na descrição morfológica das células e na medida do diâmetro dos ovócitos, evidenciando um papel estimulador da serotonina e da monoablação sobre a maturação gonadal. A análise estatística (Anova – SNK, $P < 0,05$) dos valores de diâmetro dos ovócitos mostrou ser a monoablação mais efetiva na indução da maturação ovariana que a serotonina na concentração utilizada ($7,74 \times 10^{-7}$ mol).

Palavras-chave: *Penaeus* sp., serotonina, 5-HT, reprodução, maturação ovariana.

INTRODUÇÃO

Nos cultivos comerciais, a manutenção de estoques de animais requer uma disponibilidade constante de fêmeas maduras, sendo de fundamental importância a indução da maturação ovariana na continuidade desse processo.

A indução do desenvolvimento gonadal em cativeiro envolve a manipulação combinada de fatores endócrinos, nutricionais e ambientais (Bueno, 1989). Por sua vez, a manipulação endócrina comumente utilizada na indução da maturação ovariana em cativeiro é a monoablação do pedúnculo ocular.

A existência de um fator estimulante da gônada tem sido também registrada, e evidências demonstram que os gânglios cerebriode e torácico produzem o hormônio estimulador da gônada (Hinsch & Bennett, 1979; Eastman Recks & Fingerman, 1984, Takayanagi, *et al.*, 1986).

Por sua vez, as dificuldades inerentes ao processo de monoablação e os avanços no conhecimento dos mecanismos neuroendócrinos da reprodução têm estimulado a busca, pelos pesquisadores, de alternativas para a indução hormonal da maturação ovariana. Assim, tem-se investigado o envolvimento de outros hormônios no processo reprodutivo, a exemplo de um precursor do hormônio juvenil (metil farnesoato), sintetizado no órgão mandibular, e de ecdisteróides produzidos no órgão-Y (Meusy & Payen, 1988). Yano (1985), trabalhando com *Metapenaeus ensis*, mostrou que a progesterona induz a maturação ovariana e a desova, enquanto Sarojini *et al.* (1995a), utilizando técnicas *in vivo* e *in vitro*, mostrou resultados que reforçam a hipótese da ação do hormônio concentrador do pigmento vermelho (HCPV) como um neurotransmissor que estimula a liberação do hormônio estimulador da gônada em *Procambarus clarkii*.

Estudos mais recentes têm investigado o papel de neurotransmissores na liberação de neurohor-

mônios em crustáceos (Keller & Bayer, 1968; Rao & Fingerman, 1970; Arechiga *et al.*, 1985; Mattson & Spaziani, 1985; Fingerman & Rosenberg, 1988; Richardson *et al.*, 1991; Kulkarni & Fingerman, 1992), sendo registrado o papel da serotonina neste processo (Richardson *et al.*, 1991; Kulkarni & Fingerman, 1992; Sarojini *et al.*, 1995b).

Embora a literatura indique alguns estudos alternativos na indução da maturação ovariana em cativeiro, a técnica ainda utilizada é a monoablação do pedúnculo ocular que, apesar do registro de dados conflitantes, como aqueles registrados por Chamberlain & Lawrence (1981 apud Browdy, 1992); Emmerson (1980); Browdy & Samocha (1985), foi amplamente assimilada pelas fazendas de camarão. Por outro lado, os estudos alternativos utilizando a manipulação hormonal, bem como o uso de neurotransmissores, necessitam de maior aprofundamento.

Assim, visando contribuir para o conhecimento dos mecanismos reprodutivos em *P. penicillatus* (camarão do rabo vermelho), este trabalho teve por objetivo comparar o efeito da serotonina e da monoablação do pedúnculo ocular na indução do desenvolvimento gonadal.

MATERIAL E MÉTODO

Fêmeas de *P. penicillatus* (camarão do rabo vermelho) foram capturadas durante a despesca de um dos viveiros de engorda da Fazenda Experimental Oruabo (distrito de Acupe, município de Santo Amaro da Purificação, Bahia) e transferidas para tanques circulares com capacidade de 10.000 l, com uma coluna d'água de 0,5 m e aeração constante. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, com uma dieta composta de siris (*Callinectes* sp.) e bebe-fumo (*Anomalocardia brasiliiana*) na própria concha, numa proporção de 20% da biomassa.

Os tanques eram limpos diariamente, retirando-se os restos de alimento e de exúvias (quando

presentes), procedendo-se também a troca de 100% do volume d'água.

Os parâmetros físico-químicos foram medidos diariamente durante o período do experimento (janeiro e fevereiro de 1996), obtendo-se valores médios de 28°C para a temperatura, 32‰ para a salinidade e 8 para o pH.

Após o período de aclimação (48 h), fêmeas imaturas com peso médio de 20 g foram selecionadas e agrupadas de maneira aleatória em 4 grupos de 5 animais, com uma réplica para cada grupo. As réplicas foram realizadas com intervalo de 24 horas e mantidas no mesmo tanque, sendo esses animais identificados através do uso de anéis de silicone colorido (adaptado de Tsuzuki *et al.*, 1994) inseridos na base do pedúnculo ocular.

Os animais do grupo controle (GC) receberam injeções de 0,05 ml de solução salina (Cole, 1941 apud Welsh & Smith, 1953) via intra-hemocele (mediante punção da membrana artrodial da articulação do 5º par de pereiópodos) no dia 0 e no 5º dia.

Animais do grupo monoablados (GA) foram submetidos à extirpação unilateral de um dos pedúnculos oculares, em sua base, com o auxílio de uma tesoura de ponta fina. Esses animais (grupo GA) receberam injeções de 0,05 ml de solução salina no dia 0, logo após a monoablação, e no 5º dia. As fêmeas do grupo serotonina (GS) receberam injeções de 0,05 ml de serotonina (5-HT, 5-hidroxitriptamina, complexo de sulfato de creatinina, SIGMA) dissolvida em solução salina no dia 0 e no 5º dia, numa dose total de 15 µg por grama de peso do animal ($7,74 \times 10^{-7}$ mol).

O grupo controle inicial (CI) foi sacrificado no dia 0 (zero) e os demais grupos foram sacrificados no 5º, 10º e 15º dias, respectivamente. Fragmentos do lóbulo anterior da gônada foram retirados, fixados em Bouin aquoso por 24 horas e processados de acordo com a metodologia usual para microscopia óptica. Para as análises histológicas utilizou-se um microscópio Leitz-Biomed. As medidas do diâmetro dos ovócitos foram baseadas no contorno dos ovócitos, desenhados com o auxílio de câmara clara, sendo tomados uma média de 50 ovócitos por animal, medidos em milímetros (mm), utilizando-se um escalímetro de precisão marca Tridente. A conversão de mm em µm foi feita com base na lâmina com régua padrão de 0,01 e 0,1 mm (B&L).

Os dados de medida dos diâmetros dos ovócitos para cada grupo foram tratados estatisticamente pelo teste de análise de variância ANOVA, seguido do teste para comparação de médias múltiplas Student-Newman-Keuls (SNK) ($P < 0,05$) utilizando-se o programa estatístico "Statistical Package for Social Sciences – SPSS" (Nie *et al.*, 1975).

RESULTADOS

As análises histológicas dos fragmentos do tecido ovariano para os grupos controles e tratados (Tabela 1) possibilitaram a descrição das seguintes características:

Grupo controle inicial (CI) – este grupo de animais foi o que apresentou o menor desenvolvimento gonadal entre os grupos avaliados, com predominância de células primordiais e ovócitos jovens. Raros ovócitos em pré-vitelogênese foram visualizados em algumas lojas ovarianas localizadas nas regiões mais periféricas do ovário.

Grupo controle paralelo (GC) – este grupo evidenciou menor desenvolvimento ovariano que o grupo serotonina (GS) e monoablado (GA), apresentando características similares ao do grupo controle inicial (CI).

Para os animais sacrificados no 5º e 10º dias, observou-se a presença de ovócitos jovens e em pré-vitelogênese na região mais periférica, sendo este último em maior proporção para os animais sacrificados no 10º dia. Nesses grupos, o desenvolvimento ovariano apresentou-se similar, com 90% dos animais no estágio imaturo e 10% em estágio de maturação inicial.

Animais sacrificados no 15º dia apresentaram-se com gônadas mais desenvolvidas do que as dos animais sacrificados no 5º e no 10º dias. O estroma ovariano mostrou-se organizado, formando pequenas lojas limitadas por células foliculares, com predominância de ovócitos pré-vitelogênicos. Foram também observados ovócitos em vitelogênese (com citoplasma de aspecto flocoso, presença de vacúolos e iniciando-se em alguns ovócitos a transição ácido/basófila).

Neste grupo, 37,5% dos animais apresentaram ovários imaturos e 62,5%, ovários em maturação inicial.

TABELA 1
Resumo das características histológicas do tecido ovariano por grupos de tratamento e estádios de maturação gonadal predominante.

Grupos animais	Características do estroma ovariano	Estádios de maturação predominante
Controle inicial dia 0	Estroma ovariano com células germinativas em desenvolvimento, apresentando grande número de células primordiais e ovócitos jovens.	Imaturo
Controle 5º dia	Aspecto similar ao controle inicial. Apresentam também ovócitos jovens em pequenos grupos envoltos por células foliculares.	Imaturo
Controle 10º dia	Gônadas apresentando ovócitos em diferentes fases de crescimento, observando-se proliferação de células foliculares limitando grupo de ovócitos. Predominância de ovócitos jovens, registrando-se alguns poucos ovócitos em pré-vitelogênese nas regiões mais periféricas das lojas ovarianas, em número superior aos dos animais do 5º dia.	Imaturo
Controle 15º dia	Gônadas em desenvolvimento com predominância de ovócitos em pré-vitelogênese. Alguns ovócitos vitelogênicos iniciando a transição ácido/basófila são também evidenciados.	Maturação inicial I
Monoablado 5º dia	Gônadas caracterizadas pelo grande número de ovócitos em pré-vitelogênese e ovócitos ácido/basófilos.	Maturação inicial II
Monoablado 10º dia	Estroma ovariano similar ao do grupo monoablado do 5º dia.	Maturação inicial II
Monoablado 15º dia	Gônadas bastante desenvolvidas predominando ovócitos em pré-vitelogênese e ovócitos vitelogênicos com citoplasma acidófilo.	Maturação avançada
Serotonina 5º dia	Gônadas apresentando ovócitos em diferentes tamanhos de crescimento, com predominância de células primordiais e ovócitos jovens formando grupos limitados por células foliculares. Alguns ovócitos em pré-vitelogênese são evidenciados nas regiões periféricas.	Imaturo
Serotonina 10º dia	Similar ao do grupo serotonina do 5º dia.	Imaturo
Serotonina 15º dia	Gônadas apresentando pequenas lojas limitadas por células foliculares. Predominância de ovócitos em pré-vitelogênese, observando-se também alguns ovócitos iniciando uma mudança ácido/basófila.	Maturação inicial II

GC = grupo controle paralelo (salina); GA = grupo monoablado (salina e monoablação); GS = grupo serotonina (5-HT na concentração $7,74 \times 10^{-7}$ mol/animal).

Grupo monoablado (GA) – Os animais sacrificados no 5º dia apresentaram as gônadas bastante desenvolvidas quando comparadas às dos grupos controle e serotonina (GS) no mesmo período de tempo.

Observou-se grande número de ovócitos em pré-vitelogênese e também alguns ovócitos com citoplasma de aspecto flocoso contendo pequenos vacúolos. Em alguns animais verificou-se a presença de ovócitos ácido/basófilos. Neste grupo, 80% dos animais apresentaram-se com gônadas

em estágio de maturação média, 10% em estágio de maturação avançada e 10% com gônadas apresentando grande número de folículos que sofreram reabsorção com células foliculares hipertróficas.

Para os animais sacrificados no 10º dia, as gônadas evidenciaram predominância de ovócitos em pré-vitelogênese e em vitelogênese. Foram também observados, além dos grupos de ovócitos jovens envolvidos por células foliculares, ovócitos pré-vitelogênicos e vitelogênicos envoltos individualmente por células foliculares. Neste grupo,

80% dos animais encontravam-se com as gônadas em estágio de maturação média e 20% apresentaram gônadas com grande número de folículos que sofreram reabsorção e com células foliculares hipertróficas, semelhantes aos 10% dos animais do grupo monoablado sacrificados no 5º dia.

Os animais sacrificados no 15º dia apresentaram gônadas bastante desenvolvidas, com ovócitos em pré-vitelogênese e vitelogênese, havendo predominância de ovócitos em vitelogênese avançada, sendo este último de citoplasma acidófilo. Este grupo apresentou o maior desenvolvimento gonadal dentre todos os grupos avaliados. Neste grupo, 33,4% dos animais atingiram estágio gonadal de maturação média e 66,6%, o estágio de maturação avançada.

Grupo serotonina (GS) – Animais sacrificados no 5º e 10º dias evidenciaram gônadas com ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento, predominando células primordiais e ovócitos jovens, formando grupos limitados por células foliculares. Nas regiões periféricas de algumas lojas ovarianas observaram-se também ovócitos em pré-vitelogênese. Neste grupo, 88,8% dos animais apresentaram-se no estágio imaturo e apenas 11,2%, em maturação inicial.

Para os animais sacrificados no 15º dia, registrou-se a predominância de ovócitos em pré-vitelogênese, observando-se também ovócitos com citoplasma de aspecto bastante flocoso e alguns ovócitos iniciando uma mudança ácido/basófila. Neste grupo, 22,3% dos animais permaneceram com gônadas no estágio imaturo e 77,7% apresentaram gônadas em maturação média.

A Tabela 2 apresenta os valores médios dos diâmetros dos ovócitos no grupo de animais sacrificados no 5º dia.

Esses valores apresentam-se próximos, entretanto estatisticamente pode-se observar a formação de dois agrupamentos: um formado pelos grupos controle paralelo (GC), controle inicial (CI) e monoablado (GA), que não apresentam diferenças significativas entre as médias, e outro formado pelos grupos monoablado (GA) e serotonina (GS). Sendo que o grupo monoablado (GA) apresenta valores médios que o situa no limite superior do primeiro grupo e inferior do segundo. O grupo serotonina difere significativamente dos grupos controle inicial (CI) e paralelo (GC).

Já no grupo de animais sacrificados no 10º dia (Tabela 3) pode-se observar três agrupamentos que diferem significativamente entre si ($P < 0,05$). O grupo controle (GC), que apresenta o menor valor, e o grupo monoablado (GA), com o maior valor, formam grupos distintos, enquanto os grupos controle inicial (CI) e serotonina (GS) formam um único grupo com valores intermediários. O grupo monoablado (GA) passa agora a apresentar valores médios superiores ao do grupo serotonina (GS), invertendo uma tendência apresentada para o 5º dia. É observado também que o grupo controle paralelo (GC) apresenta valores médios inferiores aos do grupo controle inicial (CI). Apesar de os valores médios do grupo controle (GC) no 10º dia serem menores que no 5º dia, não existe diferença significativa entre esses dois grupos, o mesmo ocorrendo para o grupo serotonina (GS), quando se comparam os valores médios do 5º e do 10º dia.

TABELA 2

Média do diâmetro dos ovócitos em μm ($X \pm S$), analisados para os grupos sacrificados no 5º dia.

Grupos de tratamento	Número de animais	Diâmetro médio dos ovócitos (μm)
Controle inicial (CI)*	05	38,87 \pm 1,08
Grupo controle paralelo (GC)*	10	38,74 \pm 1,27
Grupo monoablados (GA)	08	40,23 \pm 1,35
Grupo serotonina (GS)*	09	40,86 \pm 1,28

CI = grupo controle inicial; GC = grupo controle paralelo (salina); GA = grupo monoablado (salina e monoablação); GS = grupo serotonina, (5-HT na concentração $7,74 \times 10^{-7}$ mol/animal).

(*) Diferem significativamente (ANOVA – SNK, $P < 0,05$).

No caso de animais sacrificados no 15º dia (Tabela 4) observa-se a confirmação da tendência verificada no 10º dia, com o grupo monoablado (GA) constituindo-se como um grupo independente, com valores médios bem superiores aos dos outros grupos.

O grupo serotonina (GS) aparece como o segundo grupo mais desenvolvido, formando também um grupo independente.

Os grupos controle inicial (CI) e controle paralelo (GC) não apresentam diferenças entre as médias, entretanto o grupo controle paralelo apresenta agora valores médios superiores ao do controle inicial, revertendo uma tendência que se apresentou desde o 5º dia.

DISCUSSÃO

Os resultados dos bioensaios objetivando a avaliação do efeito da serotonina e da monoablação do pedúnculo ocular na indução da maturação

ovariana em *P. penicillatus* (camarão do rabo vermelho) mostraram que todos os animais utilizados ao longo do experimento (grupo controle (GC), grupo monoablado (GA) e grupo serotonina (GS)) deram início ao processo reprodutivo, indicando assim que as fêmeas selecionadas se encontravam no estágio adulto, aptas para o início e o desenvolvimento do processo reprodutivo.

Comparando-se os grupos experimentais com o grupo controle observa-se que os grupos serotonina e monoablado mostraram maior desenvolvimento gonadal que o grupo de animais controle, evidenciado pelo maior diâmetro dos ovócitos e por suas características histológicas (Tabela 1 e Fig. 1). Entretanto, ao comparar os grupos experimentais monoablado (GA) e serotonina (GC), observa-se que o grupo monoablado foi o que mostrou maior desenvolvimento no processo de maturação gonadal, alcançando em menor período de tempo o estágio de maturação avançada (Tabela 1).

TABELA 3

Média do diâmetro dos ovócitos em μm ($X \pm S$), analisados para os grupos sacrificados no 10º dia.

Grupos de tratamento	Número de animais	Diâmetro médio dos ovócitos (μm)
Controle inicial (CI)	05	38,87 \pm 1,08
Grupo controle paralelo (GC)*	10	37,24 \pm 1,25
Grupo monoablado (GA)*	08	42,96 \pm 1,25
Grupo serotonina (GS)	09	39,33 \pm 1,22

CI = grupo controle inicial; GC = grupo controle paralelo (salina); GA = grupo monoablado (salina e monoablação); GS = grupo serotonina (5-HT na concentração $7,74 \times 10^{-7}$ mol/animal).

(*) Diferem significativamente (ANOVA – SNK, $P < 0,05$).

TABELA 4

Média do diâmetro dos ovócitos em μm ($X \pm S$), analisados para os grupos sacrificados no 15º dia.

Grupos de tratamento	Número de animais	Diâmetro médio dos ovócitos (μm)
Controle inicial (CI)	05	38,87 \pm 1,08
Grupo controle paralelo (GC)	06	41,89 \pm 1,08
Grupo monoablados (GA)*	06	126,71 \pm 1,19
Grupo serotonina (GS)*	08	48,37 \pm 1,13

CI = grupo controle inicial; GC = grupo controle paralelo (salina); GA = grupo monoablado (salina e monoablação); GS = grupo serotonina (5-HT na concentração $7,74 \times 10^{-7}$ mol/animal).

(*) Diferem significativamente (ANOVA – SNK, $P < 0,05$).

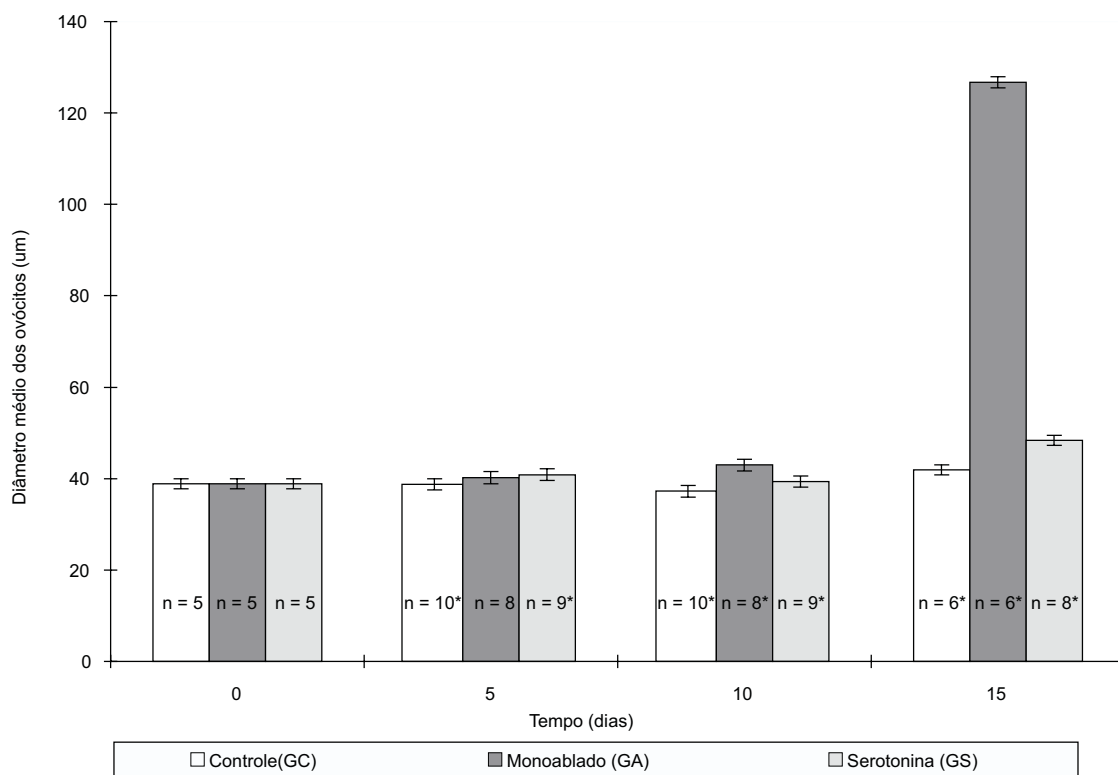


Fig. 1 — *Penaeus penicillatus*. Diâmetro médio dos ovócitos ($X \pm S$), para os grupos de animais sacrificados nos dia 0 (CI = controle inicial) e no 5º, 10º e 15º dias (GC = grupo controle paralelo; GA = grupo monoablado; GS = grupo serotonina). (*) Diferem significativamente (ANOVA – SNK, $P < 0,05$).

O efeito acelerador da reprodução pela mo-
noablação do pedúnculo ocular em peneídeos tem
sido referenciado desde os trabalhos de Idyll (1971)
em *P. duorarum*. Estudos posteriores têm evidenciado
o papel indutor da monoablação do pedúnculo
ocular para acelerar a maturação, a produção
de ovos e a frequência de desovas entre as mudas,
além de induzir o encurtamento do ciclo de muda
(Emmerson, 1980; Browdy & Samocha, 1985;
Browdy *et al.*, 1986).

Uma vez que o pedúnculo ocular é a fonte
do hormônio inibidor da gônada, é provável que
sua retirada, com conseqüente redução deste hor-
mônio, interfira num possível processo de *feedback*
entre o hormônio inibidor (HIG) e o hormônio
estimulador (HEG) da gônada, de modo que a
liberação do hormônio estimulador por esse su-
posto processo seja mais efetiva que a sua libe-
ração pela serotonina.

Além de ter alcançado maior desenvolvimen-
to gonadal, o grupo de animais monoablados apre-
sentou também maior variação nos resultados,

principalmente para os grupos do 5º e do 10º dias,
em que um percentual de 10% dos animais apre-
sentaram estádios avançados e cerca de 30% apre-
sentaram gônadas com folículos que sofreram
reabsorção.

Evidência histológica da reabsorção de ovó-
citos tem sido referenciada em *P. duorarum* por
Martosubroto (1974). Emmerson (1980), estudando
a maturação induzida em *P. indicus*, aborda a reab-
sorção de ovócitos em decorrência do ciclo de
muda. É possível que essas variações sejam de-
correntes de características fisiológicas intrín-
secas de cada animal, principalmente por tratar
de uma população alóctone (criada exclusivamente
em cativeiro).

Também é possível que tais variações possam
ser atribuídas ao estágio de muda em que esses
animais sofreram a monoablação, uma vez que
muda e reprodução são processos intrínsecos e
regulados por hormônios que atuam de forma anta-
gônica (Weitzman, 1964; Cheung, 1966, 1969;
Adiyody, 1968, 1985; Van Herp, 1992).

Em relação à indução ovariana pela serotonina, os resultados foram significativos para os animais sacrificados no 15º dia, registrando-se um estágio ovariano mais avançado (maturação inicial II) quando comparado aos animais do grupo controle (maturação inicial I) no mesmo período de tempo (Tabela 1).

O efeito estimulador da serotonina (5-HT), na maturação ovariana, tem sido demonstrado para outras espécies de crustáceos, a exemplo de *Uca pugilator* (Richardson *et al.*, 1991) e *Procambarus clarkii* (Kulkarni *et al.*, 1992; Kuljarni & Fingerman, 1992; Sarojini *et al.*, 1995b).

O modo de ação da serotonina no processo de indução da maturação dos ovócitos não foi objeto de investigação deste trabalho. Entretanto, a literatura tem registrado o estímulo da serotonina na liberação de diversos hormônios, tais como o hormônio hiperglicemiante (Keller & Bayer, 1968), o hormônio dispersante do pigmento vermelho (Rao & Fingerman, 1970), o hormônio neurodepressor (Arechiga *et al.*, 1985) e o hormônio inibidor da muda (Mattson & Spaziani, 1985). Investigando o papel da serotonina na indução da maturação ovariana em *Uca pugilator*, Richardson *et al.* (1991) aventam o papel indireto da serotonina para estimular a liberação do hormônio estimulador da gônada, o que foi confirmado posteriormente pelas investigações de Kulkarni *et al.* (1992) para *Procambarus clarkii* *in vivo* e por Sarojini *et al.* (1995b) *in vitro* nesta mesma espécie. Richardson *et al.* (1991), utilizando substâncias bloqueadoras de 5-HT, confirmaram sua ação endógena no desenvolvimento ovariano.

Ainda em relação à serotonina, Richardson *et al.* (1991) observaram, em *Uca pugilator*, que o efeito da serotonina é dose-dependente, registrando ser esta uma característica típica de sistema regulado por hormônio. Para *U. pugilator* foi registrado o estímulo indutor da serotonina sobre a maturação ovariana, em doses iguais ou superiores a $1,25 \times 10^{-8}$ mol/animal. Para *P. penicillatus* não foi investigada a relação dose-dependência, entretanto a concentração de $7,74 \times 10^{-7}$ mol/animal utilizada foi efetiva, com resultados similares àqueles registrados para *Procambarus clarkii* (Kulkarni *et al.*, 1992) na mesma concentração e período de tempo.

Embora a literatura não registre um estudo comparativo entre a indução da maturação ovariana pela injeção de serotonina e a técnica da

monoablação do pedúnculo ocular, os resultados aqui apresentados evidenciam ser a monoablação mais efetiva na indução da maturação gonadal que a serotonina na concentração utilizada. (Tabela 1 e Fig. 1.)

De acordo com os resultados aqui apresentados, a utilização da serotonina como método de indução da maturação ovariana ainda demanda maiores investigações, entretanto os resultados obtidos até o momento mostram-se promissores e, de acordo com Browdy (1992), à medida que novos estudos sobre o efeito de neurotransmissores na reprodução de crustáceos preencherem as lacunas existentes a respeito do mecanismo de ação dessas substâncias, uma indução farmacológica da vitelogenese pode ser possível.

Agradecimentos — À Fazenda Oruabo, Bahia Pesca S/A, por gentilmente nos ceder os animais e permitir a realização de parte deste trabalho em suas instalações. Aos laboratórios de Histopatologia (CPGM, Fiocruz, Ba), Malacologia e Ecologia de Bentos (IB, UFBA) e Biologia Marinha (IB, UFBA) pela utilização de equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIYODI, R. G., 1968, Protein metabolism in relation to reproduction and moulting in the crab, *Paratelpusa hydrodomus* (Herbst). 1. Eletrophoretic studies on the mode of utilization of soluble proteins during vitellogenesis. *Indian J. Exp. Biol.*, 6: 144-147.
- ADIYODI, R. G., 1985, Reproduction and its control. Academic Press Inc., New York, v. 9, Integument, Pigments and Hormonal Process, *Biol. of Crustacea*, pp. 147-215.
- ARECHIGA, H., FLORES, J. & GARCIA, U., 1985, Biosynthesis and release of the crustacean neurodepressing hormone. In: B. Lofts & W. N. Holmes (eds.), *Current Trends in comparative Endocrinology*, Hong Kong, Hong Kong University Press, pp. 787-91.
- BROWDY, C. L., 1992, A review of the reproductive biology of *Penaeus* species: perspectives on controlled shrimp maturation systems for high quality nauplii production. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. In: *The World Aquacult. Soc.*, pp. 22-51.
- BROWDY, C. L., HADANI, A., SAMOCHA, T. M. & LOYA, Y., 1986, The reproductive performance of wild and pond-reared *Penaeus semisulcatus* de Haan. *Aquaculture*, 59: 251-58.
- BROWDY, C. L. & SAMOCHA, T. M., 1985, The effect of eyestalk ablation on spawning, molting and mating of *Penaeus semisulcatus* De Haan. *Aquaculture*, 49: 19-29.
- BUENO, S. L. S., 1989, Fechamento do ciclo de vida do camarão branco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 (Crustacea, Decapada, Penaeidae), sob condições de cultivo em escala comercial. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 146p.

- CHEUNG, T. S., 1966, The interrelations among three hormonal-controlled characters in adult female shore crab, *Carcinus maena* (L.). *Biol. Bull. Mar. Biol.*, 130: 59-66.
- CHEUNG, T. S., 1969, The enviromental and hormonal control of growth and reproduction in the adult female stone crab, *Menippe mercenaria* (Sey). *Biol. Bull.*, 136: 327-346.
- EASTMAN-RECKS & FINGERMAN, M., 1984, Effects of neuroendocrine tissue and cyclic AMP on ovarian growth *in vivo* and *in vitro* in the fiddler crab, *Uca pugilator*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 79A(4): 679-84.
- EMMERSON, W. D., 1980, Induced maturation of the prawn *Penaeus indicus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2: 121-131.
- FINGERMAN, M. & ROSEMBERG, M., 1988, Control of the melanophores of the crab *Pachygrapsus marmoratus*: release of pigment dispersing and pigment concentrating neurohormones by amines. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91C: 85-89.
- HINSCH, G. W. & BENNETT, D., 1979, Vitellogenesis stimulated by thoracic ganglion implants into destalked immature spider crabs, *Libinia emarginata*. *Tissue & Cell.*, 11(2): 345-351.
- IDYLL, C. P., 1971, Induced maturation of ovaries and ova in pink shrimps. *Commer. Fish. Rev.*, 33(4): 20.
- KELLER, R. & BAYER, J., 1968, Zur hyperglykamischen wirkung von serotonin und ausgenstilextrakt beim flusskrebs *Onconectes limosus*. *Z. Vgl. Physiol.*, 59: 78-85.
- KULKARNI, G. K. & FINGERMAN, M., 1992, Effects of 5-hydroxytryptamine agonists on ovarian development in the fiddler crab, *Uca pugilator*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 101C(2): 419-423.
- KULKARNI, G. K., NAGABHUSHANAM, R. & AMALDOSS, G., 1992, *In vivo* stimulation of ovarian development in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard), by 5-hydroxytryptamine. *Invertebr. Reprod. and Dev.*, 21(3): 231-240.
- MARTOSUBROTO, P., 1974, Fecundity of pink shrimp, *Penaeus duorarum* Bunkenroad. *Bull. Mar. Sci.*, 24: 606-627.
- MATTSON, M. P. & SPAZIANI, E., 1985, 5-hydroxytryptamine mediates release of molt-inhibiting hormone activity from isolated crab eyestalk ganglia. *Biol. Bull.*, 169: 246-255.
- MEUSY, J. J. & PAYEN, G. G., 1988, Female reproduction in malacostracan crustacea. *Zool. Sci.*, 5: 217-265.
- NIE, N. H., HULL, C. H. & JENKINS, J. G. P., 1975, *SPSS – Statistical Package for the Social Sciences*. 2^a ed., New York, McGraw Hill Books, 675p.
- RAO, K. R. & FINGERMAN, M., 1970, Action of biogenic amines on crustacean chromatophores. II. Analysis of response of erythrophores in fiddler crab, *Uca pugilator*, to indohalkylamines and eyestalk hormone. *Comp. Gen. Pharmacol.*, 1: 117-126.
- RICHARDSON, H. G., DEECARAMAN, M. & FINGERMAN, M., 1991, The effect of biogenic amines on ovarian development in the fiddler crab, *Uca pugilator*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 99C(1/2): 53-56.
- SAROJINI, R., NAGABHUSHANAM, R. & FINGERMAN, M., 1995a, A neurotransmitter role for red-pigment-concentrating hormone in ovarian maturation in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. *J. of Exp. Biol.*, 198: 1253-1257.
- SAROJINI, R., NAGABHUSHANAM, R. & FINGERMAN, M., 1995b, Mode of action of the neurotransmitter 5-hydroxytryptamine in stimulating ovarian maturation in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii*: An *in vivo* and *in vitro* study. *J. of Exp. Biol.*, 271: 395-400.
- TAKAYANAGI, H., YAMAMOTO, Y. & TAKEDA, N., 1986, An ovary-stimulating factor in the shrimp, *Paratya compressa*. *J. of Exp. Zool.*, 240: 203-209.
- TSUZUKI, M. Y., ZIMMERMANN, S. & CAVALLI, R. O., 1994, The use of silicone rings as a tagging methodology in the shrimps and prawns. In: *Conference of World Aquaculture Society XXVth*, New Orleans, USA, 12 to 18, January, p. 285.
- VAN HERP, F., 1992, Inhibiting and stimulating neuropeptides controlling reproduction in Crustacea. *Invertebr. Reprod. and Dev.*, 22(1-3): 21-30.
- WEITZMAN, M. C., 1964, Ovarian development and molting in the tropical land crab, *Geocarcinus lateralis* (Fremenville). *Am. Zoologist*, 4: 329-330.
- WELSH, J. W. & SMITH, R. I., 1953, *Laboratory Exercise in Invertebrate Physiology*. [S. L.] Burgless Publishing Co., 126p.
- YANO, I., 1985, Induced ovarian maturation and spawning in greasyback shrimp, *Metapenaeus ensis*, by progesterone. *Aquaculture*, 47: 223-229.