

## Efeito da luz e aeração sobre a taxa de metamorfose de náuplios para protozoa e na qualidade das larvas de *Litopenaeus vannamei*

Hadja Radtke Nunes<sup>1\*</sup>  
Edemar Roberto Andreatta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PPG em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina  
Rodovia Admar Gonzaga, 1346, CEP 88034-001, Florianópolis – SC, Brasil  
<sup>2</sup>Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), Departamento de Aquicultura,  
Universidade Federal de Santa Catarina, CEP 88062-601, Florianópolis – SC, Brasil

\* Autor para correspondência  
hadjaradtke@hotmail.com

Submetido em 30/07/2009  
Aceito para publicação em 26/01/2010

### Resumo

A fim de determinar as faixas ótimas dos fatores intensidade luminosa e de aeração que refletissem na melhor taxa de metamorfose de náuplios de *Litopenaeus vannamei* para protozoa I e sobre a qualidade das larvas, foram realizados dois experimentos separados avaliando a taxa de virada e a qualidade das larvas após a metamorfose. Os náuplios foram expostos a quatro diferentes intensidades de luz (0, 5.000, 10.000 e 15.000 lux) e quatro condições de aeração (estática, fraca, média e forte). Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA unifatorial (nível de significância de 5%), seguida pelo teste de Tukey para a comparação de médias. Não foram verificadas diferenças significativas entre as porcentagens de metamorfose sob as diferentes condições de luminosidade e aeração testadas ( $P > 0,05$ ). No entanto, a pontuação da qualidade das larvas foi significativamente menor ( $P < 0,05$ ) sob condição de escuridão contínua (0 lux) e no tratamento com intensidade de aeração fraca em relação aos demais tratamentos de ambos os experimentos.

**Unitermos:** aeração, intensidade luminosa, *Litopenaeus vannamei*, qualidade das larvas, taxa de metamorfose.

### Abstract

**Effect of light and aeration on the metamorphosis rate from nauplii to protozoa and larval quality of *Litopenaeus vannamei*.** In order to determine the optimal ranges of the factors light intensity and aeration that reflect the best rate of metamorphosis from nauplii to the first protozoa stage of *Litopenaeus vannamei*, and also the highest quality of the larvae, two separate experiments were carried out. The nauplii were exposed to four different light intensities (0; 5,000; 10,000; and 15,000 lux) and four aeration conditions (static, low, medium and strong). The data were subjected to one-way ANOVA (significance level of 5%), followed by Tukey test for comparison of means. There were no significant differences between the percentages of metamorphosis under the different conditions of light and aeration that were tested ( $P > 0.05$ ). However, the score of the quality of the larvae was significantly lower ( $P < 0.05$ ) for the condition of continuous darkness (0 lux) and the treatment with low intensity of aeration compared to other treatments in both experiments.

**Key words:** aeration, larval quality, light intensity, *Litopenaeus vannamei* metamorphosis rate

## Introdução

Por muitos anos, a indústria da carcinicultura geralmente preferiu pós-larvas capturadas no ambiente natural em vez das produzidas em laboratório. Mas, a partir dos anos 90, as doenças causadas por vírus em camarões forçaram a indústria a se tornar mais dependente das pós-larvas produzidas em cativeiro, além de adotar medidas de biossegurança e buscar mais estreitamente o aperfeiçoamento da domesticação das espécies (Treece, 2000). A produção de larvas proveniente da maturação de peneídeos em cativeiro representa uma das estratégias mais importantes para a atividade de cultivo de camarão (Racotta et al., 2003).

Os estágios iniciais de desenvolvimento são a fase mais sensível no complexo ciclo de vida dos invertebrados marinhos e, para maximizar suas sobrevivências, as larvas devem ser cultivadas próximo das condições ótimas (Zacharia e Kakati, 2004). Por isso, estudos a respeito das condições ótimas durante os estágios larvais iniciais são de extrema importância para a determinação dos protocolos de cultivo das espécies de peneídeos comercialmente importantes.

A taxa de desenvolvimento durante o estágio de náuplio é principalmente influenciada por fatores abióticos, já que a larva depende das fontes de energia internas para sobreviver antes de sofrer a metamorfose para protozoa I, fase na qual inicia a alimentação exógena. (Chen e Chen, 2002; Zacharia e Kakati, 2004).

A luz é um dos principais fatores que influenciam no comportamento natatório e alimentar em larvas de decápodes (Sulkin, 1984). Mudanças na sobrevivência e desenvolvimento das larvas sob diferentes regimes de iluminação são frequentemente atribuídas a efeitos na alimentação. No entanto, a luminosidade pode influenciar outros aspectos do comportamento e fisiologia, incluindo: atividade natatória e assim, metabolismo, canibalismo, processos fisiológicos do ciclo cicardiano, iniciação da ecdise e metamorfose (Gardner e Maguire, 1998).

Apesar desta importância da luz no desenvolvimento larval de crustáceos, são poucos os estudos disponíveis a respeito da influência de diferentes intensidades no desenvolvimento de larvas de camarões peneídeos. Com larvas de *Litopenaeus vannamei*, Olin e Fast (1988) avaliaram o efeito do espectro e da intensidade de luz

no crescimento e sobrevivência durante o estágio larval, porém, testando luzes de cor branca, azul, vermelha e verde, além da escuridão total.

A maior parte dos estudos realizados a respeito do efeito da luminosidade em camarões peneídeos se concentra em juvenis (Al-Ablani e Farmer, 1986; Wang et al., 2003; 2004; Hoang et al., 2003; Pontes et al., 2006) e reprodutores (Emmerson et al., 1983; Primavera e Cabalero, 1992; Hoang et al., 2002), havendo uma carência por estudos a respeito dos efeitos da intensidade de luz sobre os estágios larvais iniciais.

Por outro lado, o efeito da intensidade luminosa tem sido estudado em larvas de outras espécies de crustáceos, como do caranguejo *Pseudocarcinus gigas* (Gardner e Maguire, 1998), do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* (Araújo e Valenti, 2005) e da lagosta *Jasus edwardsii* (Moss et al., 1999; Bermudes et al., 2008).

Com relação ao fator intensidade de aeração, existem poucos estudos publicados avaliando os efeitos da turbulência da água de cultivo na sobrevivência e desenvolvimento de larvas de crustáceos. A maior parte dos trabalhos disponíveis trata dos efeitos da turbulência em larvas de peixes marinhos, havendo uma carência por estudos a respeito dos efeitos de diferentes intensidades de aeração na metamorfose e desenvolvimento larval de crustáceos, principalmente camarões peneídeos.

Entre os poucos trabalhos disponíveis a respeito dos efeitos da turbulência realizados com larvas de crustáceos, Smith e Ritar (2006) avaliaram os efeitos de diferentes níveis de turbulência provocados pela intensidade do fluxo de renovação da água sobre o crescimento e sobrevivência de larvas da lagosta *Jasus edwardsii*.

A aeração é essencial durante todo o processo de cultivo larval, para manter uma concentração suficiente de oxigênio dissolvido na água, assegurar a homogeneidade da temperatura por todo o tanque através da turbulência produzida e também para ajudar a reduzir a quantidade de amônia na água (Kungvankij et al., 1985). De acordo com Smith e Ritar (2006), as principais razões para manter as larvas cultivadas dispersas na coluna d'água são evitar o contato com os detritos do fundo e minimizar o contato direto entre as larvas.

Nos tanques de larvicultura do LCM (Laboratório de Camarões Marinhos – UFSC) é aplicada uma intensidade de aeração reduzida durante a metamorfose dos náuplios de *Litopenaeus vannamei* para protozoa I. Isto, porque os náuplios são larvas frágeis e uma turbulência mais forte da água poderia induzir a um maior contato das larvas com as borbulhas e paredes do tanque, interferindo no sucesso da metamorfose (Belettini, LCM-UFSC, comunicação pessoal).

A partir destas informações, o presente estudo visa determinar as faixas ótimas dos fatores ambientais intensidade luminosa e de aeração a serem empregados nos tanques de larvicultura durante a metamorfose dos náuplios de *Litopenaeus vannamei* para protozoa I, que proporcionariam os melhores resultados de taxa de metamorfose e qualidade larval.

## Material e Métodos

Os experimentos foram executados no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) – UFSC, localizado em Florianópolis, Santa Catarina. Foram utilizados náuplios

no estágio de NIII/NIV, coletados nos tanques de incubação do setor de maturação do LCM, entre 8 e 10h após a eclosão. Os náuplios foram oriundos de ovos de múltiplas desovas e incubados sob as mesmas condições ambientais, as quais são praticadas rotineiramente na atividade de produção do setor de maturação do LCM. Antes do povoamento das unidades experimentais, uma amostra destes náuplios era submetida a uma avaliação de sua qualidade através da observação de um número entre 30 e 50 indivíduos sob um microscópio de luz. A esta amostra era atribuída uma pontuação de acordo com a adequação dos náuplios a sete características pré-estabelecidas para sua qualificação, as quais podem ser visualizadas na Tabela 1, junto com a pontuação atribuída para cada característica. Estes parâmetros de classificação foram extraídos da tabela empregada na larvicultura do LCM para avaliação dos náuplios antes do povoamento. Apenas náuplios provenientes de amostras classificadas com pontuação acima de 50 eram utilizadas nos experimentos (numa escala que poderia variar de 0 a 60 pontos).

TABELA 1: Parâmetros e pontuação empregados na avaliação da qualidade dos náuplios.

Parâmetro	Avaliação	Pontos
Atividade natatória	Ativas (acima de 90%)	10
	Lentas (de 70 a 90%)	5
	Inativas (abaixo de 70%)	0
Coloração	Coloração avermelhada forte	10
	Coloração avermelhada	5
	Não apresentam cor avermelhada	0
Cromatóforos	Apresentam, ou não, cromatóforos pouco expandidos.	10
	Apresentam cromatóforos expandidos	5
	Apresentam cromatóforos muito expandidos	0
Reserva de lipídeos	Alta reserva de lipídeos	10
	Média reserva de lipídeos	5
	Baixa reserva de lipídeos	0
Fototaxia	Positiva (resposta à luz acima de 90%)	10
	Média (resposta à luz entre 70 e 90%)	5
	Negativa (resposta à luz abaixo de 70%)	0
Deformidade de apêndices ou espículas quebradas	Baixa (menor que 5%)	10
	Média (entre 5 e 15%)	5
	Alta (acima de 15%)	0
Partículas aderidas	Baixo (menor que 5%)	10
	Média (entre 5 e 15%)	5
	Alto (acima de 15%)	0

Os náuplios utilizados nos experimentos foram provenientes das desovas de 30 a 60 fêmeas, de acordo com o número de fêmeas que haviam desovado na maturação do LCM na noite anterior à realização do experimento. Ou seja, os náuplios foram provenientes de uma amostragem (ou “pool”) de náuplios de diferentes fêmeas, não da desova de uma única fêmea. Por isso, o mesmo experimento (com duração de três dias) foi repetido no tempo por cinco vezes para o experimento de aeração e seis vezes para intensidade luminosa, utilizando desovas de diversas fêmeas, a fim de eliminar a interferência de possíveis diferenças genéticas entre os náuplios utilizados nos testes. Desse modo, os resultados do experimento de intensidade luminosa são compostos pelos resultados de seis repetições do mesmo experimento realizadas no tempo e os resultados do experimento de aeração são compostos por cinco repetições no tempo, cada uma utilizando um diferente “pool” de náuplios.

### Experimento de intensidade luminosa

Os tratamentos foram compostos por três intensidades luminosas contínuas (5.000, 10.000 e 15.000 lux) e escuridão contínua (0 lux). O intervalo de luminosidades foi definido com base na intensidade de luz média registrada na larvicultura do LCM. O tratamento com escuridão total foi baseado na condição que é aplicada aos náuplios no setor de maturação, antes da transferência para a larvicultura.

Como unidades experimentais (UEs) foram utilizadas garrafas plásticas com volume útil de 1L. Estas foram pintadas externamente de preto, de modo que a luminosidade no seu interior penetrasse apenas pela superfície, impedindo a interferência de luz pelas suas laterais e fundo. As UEs foram colocadas em banho-maria dentro de uma caixa de poliuretano preta (80 x 80 x 50cm), contendo água doce numa temperatura de 29°C ( $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ). Esta caixa foi dividida em quatro compartimentos por divisórias de plástico preto, nos quais foram dispostas as três repetições de cada tratamento. Dentro de cada UE foi aplicada uma intensidade de aeração moderada.

As diferentes intensidades luminosas foram obtidas através do uso de lâmpadas fluorescentes compactas de

26W, colocadas dentro de luminárias para permitir um maior aproveitamento e direcionamento da luminosidade produzida pela lâmpada. Nos tratamentos com 5.000 lux e 10.000 lux foi colocada uma luminária contendo uma única lâmpada sobre cada UE, distanciadas da superfície da água de aproximadamente 15cm e 8cm, respectivamente. As três repetições do tratamento com 15.000 lux foram iluminadas pela mesma luminária, contendo quatro lâmpadas, disposta a aproximadamente 10cm das UEs. No tratamento de escuridão contínua não foi colocada nenhuma luminária.

Antes do povoamento das UEs, os náuplios eram aclimatados à salinidade do experimento (que variou de 31 a 32‰ nas seis repetições do experimento realizadas no tempo), numa taxa de aclimação de 2‰/hora. A temperatura foi mantida em 29°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) durante todo o processo.

Após a aclimação, os náuplios eram contados utilizando uma pipeta de vidro transparente de 10mL, visualizada sob uma lâmpada. Em cada UE foi empregada uma densidade de 300 náuplios por litro. A intensidade luminosa dos tratamentos era conferida por meio de um luxímetro, sendo ajustada através do posicionamento das garrafas sob as luminárias.

Entre 16 e 17h após o início do experimento, eram adicionadas microalgas da espécie *Chaetoceros muellerie*, numa densidade de  $2 \times 10^4$  células/mL. As microalgas eram adicionadas no fim do estágio de NV, aproximadamente 15h antes do fim do experimento, a fim de reduzir o período em que estariam submetidas à escuridão contínua de um dos tratamentos e às três diferentes intensidades luminosas dos demais.

Os testes foram encerrados entre 31 e 33h após o povoamento, sendo realizada a contagem das protozoas contidas em cada UE, para determinação da taxa de metamorfose. Também era separada uma amostra de larvas de cada UE para a posterior avaliação da sua qualidade. Esta foi efetuada através da análise de 15 a 30 larvas sob um microscópio de luz, sendo atribuída uma pontuação de acordo com a adequação a onze características pré-estabelecidas para a qualificação das larvas, descritas na Tabela 2 junto com a pontuação atribuída para cada característica. Estes parâmetros de

TABELA 2: Parâmetros e pontuação empregados na avaliação da qualidade das protozoas I.

Parâmetro	Avaliação	Pontos
Resultado da avaliação dos náuplios	Acima de 55 pontos	10
	Entre 25 e 55 pontos	5
	Abaixo de 25 pontos	0
Taxa de virada (%)	Acima de 90%	10
	Entre 70 e 90%	5
	Abaixo de 70%	0
Atividade natatória: nado rápido e constante para frente e em círculos	Acima de 90% das larvas amostradas	10
	Entre 70 e 90%	5
	Abaixo de 70%	0
Fototaxia	Acima de 90% respondem à luz	10
	Entre 70 e 90% respondem à luz	5
	Abaixo de 70% respondem à luz	0
Presença de lipídeos no hepatopâncreas	Mais de 90% dos animais amostrados	10
	Entre 70 e 90%	5
	Abaixo de 70%	0
Coloração do hepatopâncreas (relação com a dieta)	Amarelo escuro a marrom	10
	Amarelo claro	5
	Pouca coloração e áreas vazias	0
Presença de conteúdo intestinal (intestino cheio)	Acima de 70% dos animais	10
	Entre 20 e 70%	5
	Abaixo de 20%	0
Presença de animais com cordões fecais	Mais de 90% dos animais amostrados e abundantes na coluna d'água	10
	Entre 70 e 90% dos animais e fácil visualização na coluna d'água	5
	Menos de 70% dos animais e difícil visualização na coluna d'água	0
Deformidades	Não verificado nos animais amostrados	10
	Presente em menos de 10% dos animais	5
	Presente em mais de 10% dos animais	0
Epibiontes	Não verificado nos animais amostrados	10
	Temporais ou permanentes, abaixo de 15% dos animais	5
	Permanentemente, acima de 15% dos animais.	0

qualificação foram extraídos da tabela utilizada para avaliação das larvas no estágio de protozoa I no setor de larvicultura do LCM.

### Experimento de intensidade de aeração

Os tratamentos foram compostos por quatro diferentes intensidades de aeração: estático (sem aeração), turbulência fraca, média e forte. Os diferentes níveis eram ajustados visualmente em função da intensidade de borbulhas promovida pelas pedras porosas de aeração. Estas pedras de aeração estavam conectadas ao sistema de ar atmosférico sob pressão do laboratório, através de divisores de ar (nos quais os fluxos eram regulados). Nas UEs do

tratamento estático não foram colocadas pedras de aeração.

As UEs utilizadas foram garrafas plásticas transparentes, com volume útil de 1L, colocadas em banho-maria numa caixa de poliuretano, semelhante à utilizada no experimento de intensidade luminosa. A temperatura da água foi mantida em 29°C ( $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ). Cada tratamento foi composto por três repetições, sendo as UEs distribuídas ao acaso na parte central da caixa do banho-maria. As UEs foram submetidas a uma intensidade luminosa de aproximadamente 300 lux, num regime de fotoperíodo natural, de 12L/ 12E (12 horas de luz e 12 horas de escuro). Foi aplicada uma intensidade luminosa reduzida e não contínua a fim de evitar o estímulo ao crescimento excessivo

das microalgas adicionadas às UEs, pois sua interação com as diferentes turbulências dos tratamentos poderia interferir nos resultados do experimento.

A aclimação dos náuplios à salinidade do experimento (de 33‰ nas cinco repetições realizadas no tempo) foi feita numa taxa de 2‰/hora, sendo a temperatura mantida em 29°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ). Para a contagem dos náuplios e povoamento das UEs foram empregados os mesmos procedimentos já descritos para o experimento de intensidade luminosa.

Entre 13 e 14h após o início do experimento, eram adicionadas microalgas da espécie *Chaetoceros muellerie*, numa densidade de  $2 \times 10^4$  células/mL.

Os experimentos foram encerrados entre 32 e 33h após o povoamento. Para a avaliação da taxa de metamorfose e qualidade das larvas, aplicou-se o mesmo procedimento e parâmetros de classificação descritos para o experimento de intensidade luminosa.

### Análise estatística

Os dados de porcentagem de metamorfose e qualidade das larvas foram submetidos à Análise de Variância Unifatorial (one-way ANOVA), com nível de significância de 5%. As diferenças significativas entre as médias foram determinadas através do teste de Tukey para comparação de médias (quando  $P < 0,05$ ). As análises estatísticas foram executadas através do programa estatístico PRISM 4.0. Antes das análises, os dados de sobrevivência e qualidade foram submetidos às transformações do arco seno e da raiz quadrada (Steel e Torrie, 1980), respectivamente.

## Resultados

### Experimento de intensidade luminosa

A variação da intensidade de luz aplicada não apresentou efeito significativo na taxa de metamorfose dos náuplios de *Litopenaeus vannamei* para protozoa I. Isto porque não foram verificadas diferenças significativas entre as médias de porcentagem de metamorfose sob as quatro diferentes condições de luminosidade testadas ( $P > 0,05$ ). As médias da taxa de metamorfose dos náuplios das 18 repetições do

experimento (6 repetições no tempo com 3 repetições em cada tratamento) com seus respectivos desvios padrão podem ser observados na Tabela 3.

TABELA 3: Valores de taxa de metamorfose em porcentagem (média  $\pm$  desvio padrão;  $n=18$ ) de náuplios de *Litopenaeus vannamei* para protozoa I obtidos nas seis repetições realizadas no tempo do experimento de intensidade luminosa.

Intensidade luminosa	0 lux	5.000 lux	10.000 lux	15.000 lux
Média <sup>(18)</sup> $\pm$ desvio padrão (%)	97,03 $\pm$ 5,15 <sup>a</sup>	98,35 $\pm$ 2,35 <sup>a</sup>	98,61 $\pm$ 1,48 <sup>a</sup>	96,89 $\pm$ 3,08 <sup>a</sup>

One-way ANOVA, nível de significância 5%. Médias com letras iguais não são significativamente diferentes uma da outra ( $P > 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Por outro lado, foi verificada uma diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre a média da pontuação da qualidade das larvas submetidas ao tratamento com 0 lux e as médias dos demais tratamentos. Isto pode ser observado no gráfico da Figura 1, que mostra o efeito dos níveis de luminosidade aplicados na pontuação média da qualidade das larvas ( $n=18$ ). As médias da pontuação da qualidade nas 18 repetições de cada tratamento do experimento com os respectivos desvios padrão podem ser observados na Tabela 4.

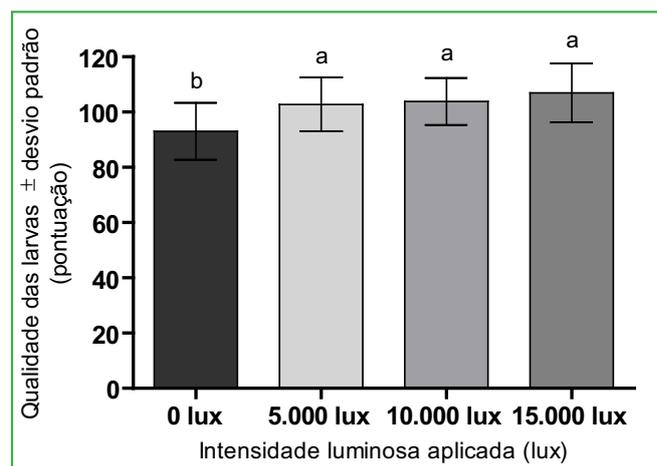


FIGURA 1: Efeito das quatro intensidades luminosas testadas na média ( $n=18$ ) da pontuação da qualidade das protozoas I de *Litopenaeus vannamei* (pontuação média  $\pm$  desvio padrão). One-way ANOVA, nível de significância de 5%. As médias com letras diferentes são significativamente diferentes uma da outra ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. As barras representam os desvios padrão das médias.

TABELA 4: Valores de pontuação da qualidade em escore (média  $\pm$  desvio padrão; n=18) de protozoas I de *Litopenaeus vannamei* que realizaram a metamorfose sob os quatro tratamentos do experimento de intensidade luminosa (obtidos nas seis repetições realizadas no tempo do experimento).

Intensidade luminosa	0 lux	5.000 lux	10.000 lux	15.000 lux
Média <sup>(18)</sup> $\pm$ desvio padrão (pontuação)	93,05 $\pm$ 10,31 <sup>b</sup>	102,78 $\pm$ 9,73 <sup>a</sup>	103,89 $\pm$ 8,50 <sup>a</sup>	106,94 $\pm$ 10,73 <sup>a</sup>

One-way ANOVA, nível de significância 5%. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes uma da outra ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

### Experimento de intensidade de aeração

Como não foram verificadas diferenças significativas entre as porcentagens de metamorfose médias dos náuplios submetidos às quatro intensidades de aeração testadas ( $P > 0,05$ ), a variação da intensidade de borbulhas não exerceu um efeito significativo na taxa de metamorfose das larvas. As porcentagens de metamorfose médias obtidas nas 15 repetições do experimento (cinco repetições no tempo com três repetições em cada tratamento) com os respectivos desvios padrão podem ser observadas na Tabela 5.

TABELA 5: Valores de taxa de metamorfose em porcentagem (média  $\pm$  desvio padrão; n=15) de náuplios de *Litopenaeus vannamei* para protozoa I obtidos nas cinco repetições realizadas no tempo do experimento de intensidade de aeração.

Intensidade de aeração	Estático	Fraco	Médio	Forte
Média <sup>(15)</sup> $\pm$ desvio padrão (%)	98,51 $\pm$ 2,39 <sup>a</sup>	98,98 $\pm$ 3,88 <sup>a</sup>	98,78 $\pm$ 2,26 <sup>a</sup>	97,67 $\pm$ 3,00 <sup>a</sup>

One-way ANOVA, nível de significância 5%. Médias com letras iguais não são significativamente diferentes uma da outra ( $P > 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

No entanto, foi verificada uma pontuação média da qualidade das larvas significativamente menor no tratamento com aeração fraca ( $P < 0,05$ ) em relação à média dos demais tratamentos. Isto pode ser observado no gráfico

da Figura 2, que mostra o efeito da intensidade de aeração aplicada na pontuação média da qualidade das larvas (n=15). Estas pontuações médias podem ser visualizadas na Tabela 6, com os seus respectivos desvios padrão.

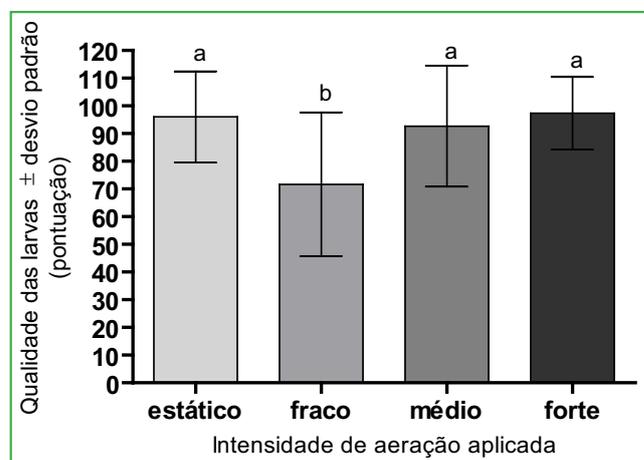


FIGURA 2: Efeito das quatro intensidades de aeração testadas na média (n=15) da pontuação da qualidade das protozoas I de *Litopenaeus vannamei* (pontuação média  $\pm$  desvio padrão). One-way ANOVA, nível de significância de 5%. As médias com letras diferentes são significativamente diferentes uma da outra ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. As barras representam os desvios padrão das médias.

TABELA 6: Valores de pontuação da qualidade em escore (média  $\pm$  desvio padrão; n=15) de protozoas I de *Litopenaeus vannamei* que realizaram a metamorfose sob os quatro tratamentos do experimento de intensidade de aeração (obtidos nas cinco repetições realizadas no tempo do experimento).

Intensidade de aeração	Estático	Fraco	Médio	Forte
Média <sup>(15)</sup> $\pm$ desvio padrão (pontuação)	96,00 $\pm$ 16,50 <sup>a</sup>	71,67 $\pm$ 25,96 <sup>b</sup>	92,67 $\pm$ 21,86 <sup>a</sup>	97,33 $\pm$ 13,07 <sup>a</sup>

One-way ANOVA, nível de significância 5%. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes uma da outra ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

## Discussão

### Experimento de intensidade luminosa

De acordo com os resultados do presente trabalho, as larvas de *Litopenaeus vannamei* foram capazes de efetuar a transição do estágio com alimentação endógena

(náuplio) para a fase com alimentação a partir do meio de cultivo, tanto sob condição de escuridão total, quanto nas diferentes intensidades luminosas aplicadas. Resultados semelhantes foram obtidos em estudos com larvas de outras espécies de crustáceos. Com larvas do caranguejo *Pseudocarcinus gigas*, Gardner e Maguire (1998) não verificaram efeito das intensidades luminosas de 2 e 500 lux na sobrevivência, porém, destacaram que maiores pesquisas são requeridas para esclarecer o efeito da intensidade de luz na sobrevivência larval, principalmente com intensidades maiores do que as testadas no experimento. Similarmente, larvas de *Macrobrachium amazonicum* entre os estágios de protozoa I e pós-larva não exibiram diferenças significativas na sobrevivência sob intensidades luminosas de aproximadamente 140 lux, 270 lux, 400 lux e escuridão total (Araújo e Valenti, 2005). E, com juvenis de *Penaeus merguensis*, também não foram verificadas diferenças significativas na sobrevivência sob intensidades de 75 e 750 lux (Hoang et al., 2003).

Por outro lado, a influência da intensidade e de diferentes cores de luz na sobrevivência de peneídeos já foi comprovada em diferentes estágios do ciclo de desenvolvimento. Olin e Fast (1992) observaram que larvas de *Litopenaeus vannamei* submetidas a luzes de diferentes cores exibiram a maior taxa de sobrevivência sob luz verde (69%) e a menor sob escuridão total (32%). E, com juvenis de *Penaeus semisulcatus*, Al-Ablani e Farmer (1986) verificaram que a sobrevivência diminuiu com a redução da intensidade de luz, determinando como ótima para o cultivo de juvenis da espécie a faixa de 23.000 a 32.000 lux.

Um fator que poderia interferir na atividade natatória e, conseqüentemente, no gasto energético de larvas mantidas sob condições de luminosidade crescente é a fototaxia que apresentam nos estágios iniciais do ciclo de desenvolvimento. Bermudes et al. (2008) testaram o efeito da intensidade de luz na atividade natatória de larvas recém eclodidas da lagosta *Jasus edwardsii*, que apresentam uma forte fototaxia positiva. Foi observado que a velocidade de natação das larvas em direção a uma fonte luminosa aumentou logaritmicamente com o aumento da intensidade de luz, tendendo ao máximo na maior intensidade aplicada. Os autores destacaram que

esta influência da luminosidade na atividade natatória das larvas pode ter implicações energéticas, como redução do crescimento e sobrevivência em condições de maior luminosidade. Isto foi comprovado num estudo realizado por Moss et al. (1999), com a mesma espécie de lagosta, no qual as larvas exibiram maior crescimento em baixa intensidade de luz do que nas intensidades mais altas testadas. Como não obtiveram efeito da intensidade luminosa na taxa de ingestão de alimento, os autores concluíram que as maiores taxas de crescimento observadas sob baixa luminosidade poderiam primariamente ser explicadas pelo maior gasto de energia induzido pelo aumento da intensidade luminosa. Apesar de náuplios de camarões apresentarem fototaxia positiva, tais efeitos negativos do aumento da luminosidade não foram comprovados na sobrevivência ou qualidade das larvas de *Litopenaeus vannamei* no presente experimento. Na qualidade das larvas foi verificado um efeito inverso: as larvas mantidas sob as condições de iluminação apresentaram uma pontuação da qualidade significativamente maior do que as larvas mantidas sob condição de escuridão contínua (0 lux).

Porém, suspeita-se que esta maior pontuação da qualidade tenha sido influenciada pela maior densidade de microalgas na água de cultivo, pois o crescimento das microalgas teria sido estimulado pelo aumento da intensidade luminosa. De acordo com Kraul (1983), a alta intensidade luminosa pode aumentar grandemente a produção de algas e zooplâncton no tanque de cultivo e, assim, aumentar a sobrevivência de larvas de peixes. De forma semelhante, num meio com maior disponibilidade de alimento, as protozoas teriam se alimentado mais, influenciando algumas características empregadas na avaliação da sua qualidade. Observou-se que a menor pontuação da qualidade das larvas submetidas ao tratamento com 0 lux (escuro) foi induzida principalmente pela maior ocorrência de larvas com baixa reserva de lipídios no hepatopâncreas, hepatopâncreas com coloração transparente e intestino vazio ou parcialmente cheio, presentes na tabela utilizada para avaliação da qualidade das protozoas (Tabela 2), em relação às larvas dos demais tratamentos. Desse modo, o efeito positivo da maior intensidade de luz na qualidade das larvas teria ocorrido de forma indireta, ou secundária, agindo primeiramente sobre as microalgas

e não influenciando diretamente o comportamento das larvas. Por isso, a contagem da densidade de microalgas em cada tratamento seria fundamental para esclarecer este resultado verificado na qualidade das larvas.

Desse modo, o fator intensidade de luz exige maiores estudos, a fim de esclarecer seus efeitos indiretos na qualidade das protozoas e buscar suas possíveis influências diretas sobre o comportamento das larvas. No entanto, o resultado obtido na qualidade das larvas no presente experimento, mesmo que indireto, evidencia a importância da luminosidade nos tanques de larvicultura durante a fase de metamorfose dos náuplios para protozoa I.

### Experimento de intensidade de aeração

Não foram verificadas diferenças entre as porcentagens de metamorfose dos náuplios de *Litopenaeus vannamei* submetidos às diferentes intensidades de aeração testadas no presente experimento. De forma semelhante, num estudo com larvas da lagosta *Jasus edwardsii* a sobrevivência não foi significativamente influenciada pela turbulência produzida por duas velocidades de fluxo de renovação de água (lento e rápido), mas houve influência no crescimento das larvas, sendo que os melhores resultados foram verificados sob a velocidade de fluxo lenta (Smith e Ritar, 2006).

No entanto, a pontuação da qualidade das larvas submetidas à condição de aeração fraca foi significativamente menor do que a pontuação das larvas mantidas sob os demais tratamentos. Destaca-se que essa menor pontuação foi causada principalmente pela maior incidência de larvas com as seguintes características: atividade natatória debilitada, fototaxia baixa, hepatopâncreas com coloração transparente, intestino vazio e presença de deformidades, contidas na Tabela 2, usada para a avaliação da qualidade das protozoas. Não foi possível esclarecer a relação entre a condição de borbulhas fraca e esta qualidade inferior das larvas, relacionada principalmente à atividade natatória e fototaxia das larvas.

Dos resultados do experimento, deve-se destacar a capacidade dos náuplios de efetuar com sucesso a metamorfose para protozoa mesmo sob a turbulência produzida pela intensidade de aeração forte. A partir

disso, pode-se concluir que a fase de metamorfose dos náuplios para protozoa não exige a aplicação de uma intensidade de aeração reduzida nos tanques de larvicultura, mesmo considerando que os náuplios são larvas frágeis e que seu contato com as bolhas de ar ou paredes do tanque poderia alterar a normalidade da metamorfose. Smith e Ritar (2006), ao submeterem larvas da lagosta *Jasus edwardsii* a um fluxo de renovação de água rápido, observaram a ocorrência de 10 a 20% de larvas com deformidades após a metamorfose, as quais, no entanto, não afetaram os resultados de sobrevivência das larvas. Similarmente, com larvas de peixes, Ellis et al. (1997) destacaram que a alta turbulência da água pode aumentar o contato das larvas com as paredes do tanque e fluxo de aeração central, causando danos às larvas. No entanto, tais efeitos da alta turbulência da água não se comprovaram com as larvas de *Litopenaeus vannamei* no presente estudo.

Deve-se salientar também que embora a condição estática testada no experimento não tenha interferido nos resultados de taxa de virada e qualidade das larvas, indicando que o sucesso da metamorfose dos náuplios independe da movimentação da água de cultivo, a aeração é um fator indispensável nos tanques de larvicultura nessa fase do cultivo larval. Isto porque a aeração propicia a circulação da água dentro do tanque, impedindo o acúmulo de matéria orgânica e resíduos metabólicos, mantém as células de microalgas e partículas alimentares em suspensão, além de oxigenar a água de cultivo, gerando uma desejável condição de aerobiose dentro do tanque.

Na fase de pré-testes deste experimento, foram medidos os níveis de saturação do oxigênio em todos os tratamentos, a fim de verificar possíveis interferências dos níveis de oxigênio dissolvido (promovido pelas diferentes intensidades de aeração aplicadas) nos resultados. Isto poderia mascarar os efeitos físicos das borbulhas e da turbulência da água no desempenho das larvas, que se desejava testar. Foi verificado um valor de saturação do OD significativamente menor no tratamento estático em relação aos demais tratamentos. Porém, os valores registrados em todos os tratamentos estavam dentro dos níveis recomendados, inclusive no tratamento estático.

Assim, considera-se que o fator intensidade de aeração exija maiores estudos, em função da subjetividade na diferenciação dos tratamentos (que foi visual) e a fim de confirmar e elucidar os efeitos negativos da intensidade fraca na qualidade das larvas, não esclarecidos no presente estudo.

## Referências

- Al-Ablani, S. A.; Farmer, A. D. D. 1986. The effect of different levels of illuminance on the survival and growth of the shrimp *Penaeus semisulcatus*. **Kuwait Bulletin of Marine Science**, **2**: 165-172.
- Araújo, M. C.; Valenti, W. C. 2005. **Efeitos da salinidade, luminosidade e alimentação na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum***. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 87pp.
- Bermudes, M.; Ritar, A. J.; Carter, C. G. 2008. The ontogeny of physiological response to light intensity in early stage spiny lobster (*Jasus edwardsii*) larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology (Part A)**, **150**: 40-45.
- Chen, Y. H.; Chen, I. M. 2002. Effects of temperature and salinity on the metamorphosis of nauplius of a planktonic shrimp *Acetes intermedius* (Omori, 1975). **Fisheries Science**, **68**: 117-122.
- Ellis, E. P.; Watanabe, W. O.; Ellis, S. C.; Ginoza, J.; Moriwake, A. 1997. Effects of turbulence, salinity and light intensity on hatching rate and survival of larval Nassau Grouper, *Epinephelus striatus*. **Journal of Applied Aquaculture**, **7** (3): 33-43.
- Emmerson, W. D.; Hayes, D. P.; Ngonyame, M. 1983. Growth and maturation of *Penaeus indicus* under blue and green light. **South African Journal of Zoology**, **18** (2): 71-75.
- Gardner, C.; Maguire, G. B. 1998. Effect of photoperiod and light intensity on survival, development and cannibalism of larvae of the Australian giant crab *Pseudocarcinus gigas* (Lamarck). **Aquaculture**, **165**: 51-63.
- Hoang, T.; Barchiesi, M.; Lee, S. Y.; Keenan, C. P.; Marsden, G. E. 2003. Influences of light intensity and photoperiod on moulting and growth of *Penaeus merguensis* cultured under laboratory conditions. **Aquaculture**, **216**: 343-354.
- Hoang, T.; Lee, S. Y.; Keenan, C. P.; Marsden, G. E. 2002. Ovarian maturation of the banana prawn, *Penaeus merguensis* (de Man) under different light intensities. **Aquaculture**, **208**: 159-168.
- Kraul, S. 1983. Results and hypothesis for the propagation of the grey mullet, *Mugil cephalus* L. **Aquaculture**, **30**: 273-284.
- Kungvankij, P.; Tiro, L. B.; Pudadera, B. J.; Potestas, I. O.; Corre, K. G.; Borlongan, E.; Talean, G. A.; Bustilo, L. F.; Tech, E. T.; Unggui, A.; Chua, T. E. 1985. **Shrimp hatchery design, operation and management – Training manual**. FAO Corporate Document Repository, Fisheries and Aquaculture Department, Network of Aquaculture Centres in Asia, Bangkok, Thailand, 95pp.
- Mangino, A. J.; Watanabe, W. O. 2006. Combined effects of turbulence and salinity on growth, survival and whole-body osmolality of larval Southern flounder. **Journal of the World Aquaculture Society**, **37** (4): 407-420.
- Moss, G. A.; Tong, L. J.; Illingworth, J. 1999. Effects of light intensity and food density on the growth and survival of early-stage phyllosoma larvae of the rock lobster *Jasus edwardsii*. **Marine and Freshwater Research**, **50** (2): 129-134.
- Olin, P. G.; Fast, A. W. 1988. Effects of light spectrum and intensity on growth and survival of larval *Penaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, **19** (1): 55A.
- Olin, P. G.; Fast, A. W. 1992. Penaeid PL harvest, transport, acclimation and stocking. In: Fast, A. W. & Lester, J. L. (Eds). **Marine shrimp culture: Principles and practices**. Chap. 12. Elsevier, Amsterdam, Nederland, p.301-320.
- Pontes, C. S.; Arruda, M. F.; Menezes, A. A. L.; Lima, P. P. 2006. Daily activity pattern of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) juveniles under laboratory conditions. **Aquaculture Research**, **37** (10): 1001-1006.
- Primavera, J. H.; Caballero, R. M. V. 1992. Light color and ovarian maturation in unablated and ablated giant tiger prawn *Penaeus monodon* (Fabricius). **Aquaculture**, **108** (3-4): 247-256.
- Racotta, I. S.; Palacios, E.; Ibarra, A. M. 2003. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. **Aquaculture**, **227**: 107-130.
- Smith, G. G.; Ritar, A. J. 2006. The influence of animal density and water turbulence on growth and survival of cultured spiny lobster (*Jasus edwardsii*) larvae. **Aquaculture**, **258**: 404-411.
- Steel, R. D.; Torrie, J. H. 1980. **Principles and procedures of statistics**. 2nd ed. Mc Graw-Hill, New York, USA, 633pp.
- Sulkin, S. D. 1984. Behavioural basis of depth regulation in the larvae of brachyuran crabs. **Marine Ecology Progress Series**, **15**: 181-205.
- Treece, G. D. 2000. Shrimp maturation and spawning. **UJNR Technical Report**, **28**: 121-134.
- Wang, F.; Dong, S.; Dong, S.; Huang, G.; Zhu, C.; Mu, Y. 2004. The effect of light intensity on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. **Aquaculture**, **234**: 475-483.
- Wang, F.; Dong, S.; Huang, G.; Wu, L.; Tian, X.; Ma, S. 2003. The effect of light color on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. **Aquaculture**, **228**: 351-360.
- Zacharia, S.; Kakati, V. S. 2004. Optimal salinity and temperature for early developmental stages of *Penaeus merguensis* De man. **Aquaculture**, **232**: 373-382.