

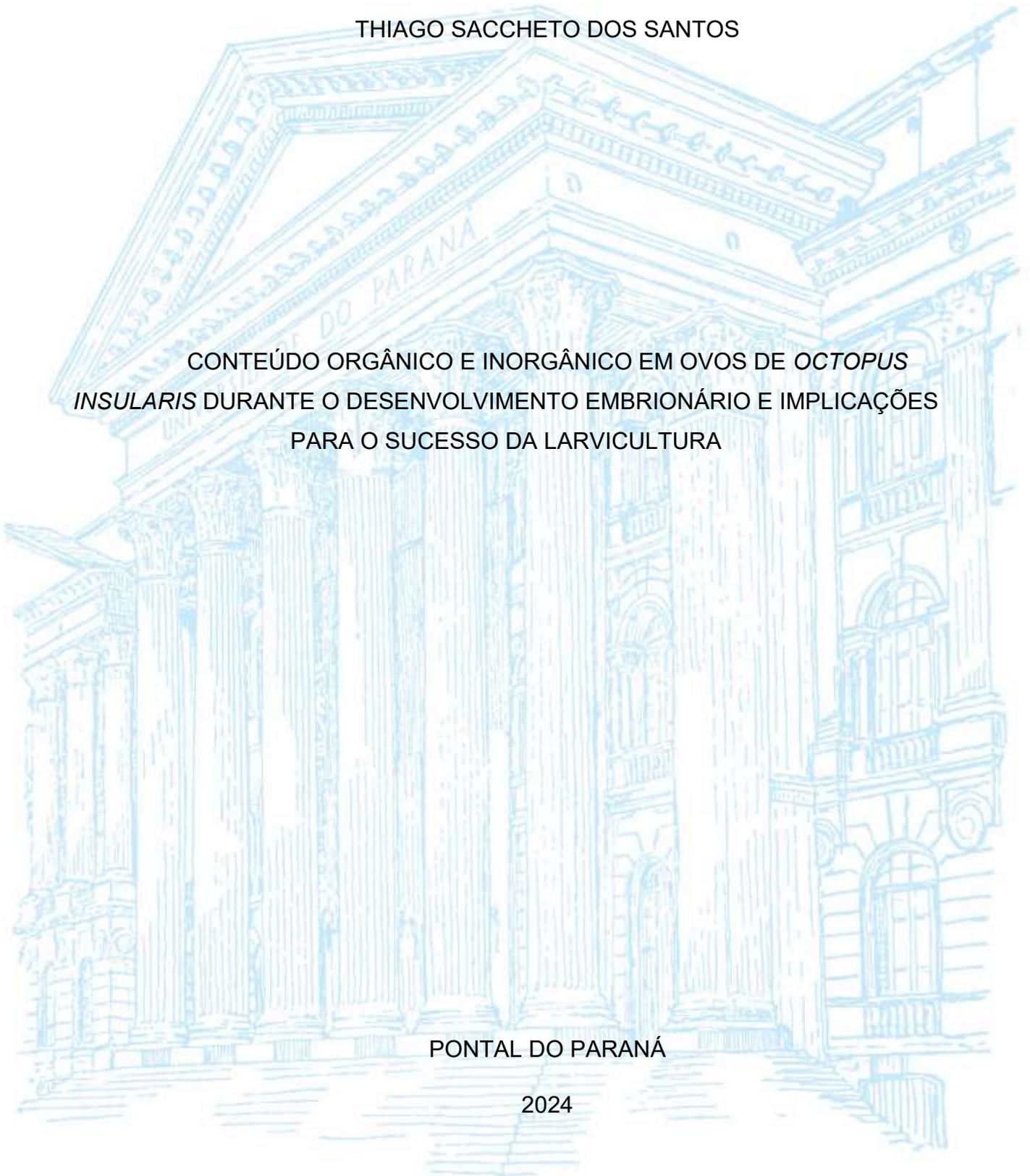
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO SACCHETO DOS SANTOS

CONTEÚDO ORGÂNICO E INORGÂNICO EM OVOS DE *OCTOPUS*  
*INSULARIS* DURANTE O DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO E IMPLICAÇÕES  
PARA O SUCESSO DA LARVICULTURA

PONTAL DO PARANÁ

2024



Thiago Saccheto dos Santos

CONTEÚDO ORGÂNICO E INORGÂNICO EM OVOS DE *OCTOPUS*  
*INSULARIS* DURANTE O DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO E IMPLICAÇÕES  
PARA O SUCESSO DA LARVICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Aquicultura, Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érica Alves Gonzalez Vidal

PONTAL DO PARANÁ

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA  
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do  
Paraná/PR, CEP 83255-976  
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

Despacho nº 9/2024/UFPR/R/PP/EA

Processo nº 23075.061642/2022-21

### TERMO DE APROVAÇÃO

### THIAGO SACCHETO DOS SANTOS

*Conteúdo orgânico e inorgânico em ovos de Octopus insularis durante o desenvolvimento embrionário e implicações para o sucesso da larvicultura*

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Aquicultura da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores

Comissão avaliadora

Dra. Érica Alves Gonzalez Vidal  
Orientadora e presidente

Msc. Ivan Luiz Gavioli  
Membro examinador

Dr. Francisco José Lagreze Squella.  
Membro examinador



Documento assinado eletronicamente por **Ivan Luiz Gavioli, Usuário Externo**, em 06/12/2024, às 11:14, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO JOSE LAGREZE SQUELLA, COORDENADOR(A) DE CURSO DE GRADUACAO (CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA) - PP**, em 11/06/2025, às 14:03, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ERICA ALVES GONZALEZ VIDAL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/06/2025, às 14:12, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **7326414** e o código CRC **0594EEDA**.

Dedico essa monografia a minha família, amigos e namorada. Nada disso seria possível sem eles.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Leonídio Gomes dos Santos Filho e Gláucia Isabel Saccheto por todo apoio ao longo desses anos de graduação. Amo vocês.

Agradeço a minha irmã Caroline Saccheto dos Santos por todo suporte e preocupação que demonstrou desde que eu me mudei para cursar a graduação.

Agradeço aos meus primos Fábio Francisco Muniz dos Santos e Fagner Francisco Muniz dos Santos por tudo que fizeram por mim desde que eu era criança, incluindo todo o apoio psicológico e moral que me forneceram nos momentos mais difíceis. Devo muito de quem eu sou a vocês.

Ao meu amigo Victor Kazuo Iwaya Fujino que me ajudou de tantas maneiras, principalmente no início dessa jornada, que faltam palavras para descrever minha gratidão.

Aos meus amigos Gustavo Yuji Satto Bezerra e Nicolas Borges de Oliveira Medeiros que após a pandemia estiveram comigo em todos os momentos, tanto bons quanto ruins.

Gostaria agradecer aos membros do Laboratório das Fases Iniciais de Cefalópodes, em particular a mestranda Gabrielle Araujo Rêgo Regmont por todo auxílio no dia-a-dia do laboratório.

Agradeço especialmente a minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Erica Alves Gonzalez Vidal por todo acolhimento, suporte, confiança, paciência e dedicação recebidos ao longo de todos esses anos. Além do grande conhecimento, exemplo e ensinamentos adquiridos nas minhas passagens pelo laboratório.

Agradeço também a minha namorada Lívia Simão Lima por todo apoio, carinho, motivação e acolhimento em todos os momentos difíceis que eu tive ao longo do ano. E também por todo o auxílio diário para que eu pudesse escrever esta monografia.

## Resumo

Estudos apontam que o peso úmido e orgânico em ovos de polvos pode ser um importante indicativo da qualidade das paralarvas de polvos no momento da eclosão. Além disso, os embriões do polvo *Octopus insularis* são considerados adequados para análises de características específicas durante o desenvolvimento. A partir disto, o presente estudo examinou o conteúdo orgânico e inorgânico e teor de água em ovos de *Octopus insularis* ao longo do desenvolvimento embrionário e avaliou como os mesmos podem ser utilizados como parâmetros preditivos da qualidade das paralarvas para a larvicultura. Reprodutores foram coletados na costa do Rio Grande do Norte e transportados até o Laboratório das Fases Iniciais de Cefalópodes da Universidade Federal do Paraná, onde foram pesados e aclimatados em um sistema de recirculação. Após a desova, o desenvolvimento dos ovos foi monitorado ao longo de todo o desenvolvimento embrionário e em dias selecionados, (1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 15 e 28º dia), 10 amostras com 15 ovos cada foram pesados para obtenção do peso úmido. Para obtenção do peso seco, 10 amostras, contendo 15 ovos cada, foram colocados em uma estufa durante 24h. Para obtenção do peso das cinzas os ovos foram incinerados em uma mufla. Cálculos para obtenção do peso individual dos ovos foram realizados. O peso úmido se manteve constante no início do desenvolvimento, mas demonstrou aumento após o início da organogênese. O teor de água representou de 40 a 77% do peso úmido. Em contra partida, o peso seco se manteve constante durante praticamente todo o desenvolvimento, com o conteúdo orgânico representando de 92 a 98% do peso seco total. Complementando o peso seco, o percentual de conteúdo inorgânico variou entre 2 a 8% do peso seco. Já as paralarvas recém eclodidas apresentaram um peso úmido de  $1.03 \pm 0.1$ mg com o teor de água entre 74 a 76% do peso úmido e peso seco médio de  $0.26 \pm 0.01$  mg. Essa proximidade nos valores dos ovos e das paralarvas indicam uma relação direta entre o peso úmido e seco dos ovos antes da eclosão com o das paralarvas recém eclodidas. Os resultados do presente indicam que o conteúdo orgânico e inorgânico, juntamente com o teor de água dos ovos podem ser usados como parâmetros preditivos da qualidade de paralarvas de *O. insularis*.

Palavras-chave: desenvolvimento embrionário; paralarvas; polvos.

## Abstract

Several studies suggest that the wet and organic weight of octopus eggs can be an important predictor of paralarvae quality at the time of hatching. Furthermore, the embryos of the octopus *Octopus insularis* are considered suitable for analyzing specific characteristics during development. Based on this, the present study examined the organic and inorganic content, as well as the water content of, *O. insularis* eggs throughout the embryonic development and evaluated how these parameters could serve as predictive indicators of paralarvae quality for larviculture. The broodstock was collected by scuba diving along the coast of Rio Grande do Norte, and transported to the Early-Life Stages of Cephalopods Laboratory at the Federal University of Paraná, Brazil where they were weighed and acclimatized in a recirculation system. After spawning, embryonic development was monitored and the eggs were weighed at selected days (1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 and 28<sup>o</sup> days after spawning). For measurements of the wet weight 10 samples of 15 eggs each were used. For dry weight, 10 samples of 15 eggs each were placed in an oven for 24 hours. For ash weight, the eggs were incinerated in a muffle furnace. Individual egg weights were then calculated. The wet weight remained constant at the beginning of development but increased after the onset of organogenesis. Water content accounted for 40% to 77% of the wet weight. In contrast, dry weight remained relatively stable throughout development, with organic content comprising 92% to 98% of the total dry weight. The inorganic content, complementing the dry weight, ranged from 2% to 8%. Newly hatched paralarvae had an average wet weight of  $1.03 \pm 0.1$  mg, with water content between 74% and 76% of the wet weight and an average dry weight of  $0.26 \pm 0.01$  mg. The similarity between egg and paralarvae weights indicates a direct relationship between the wet and dry weights of eggs before hatching and those of newly hatched paralarvae. The results of this demonstrate the reliability of using the organic and inorganic content, along with water content in eggs, as predictive parameters for the quality of *O. insularis* paralarvae.

Keywords: embryonic development; paralarvae; octopus.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1	OBJETIVOS	9
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>10</b>
2.1	COLETA E MANUTENÇÃO DE REPRODUTORES	10
2.2	REPRODUÇÃO, POTURA DE OVOS E DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO	11
2.3	PESO ÚMIDO, PESO SECO E PESO SECO LIVRE DE CINZAS	12
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>13</b>
3.1	PESO ÚMIDO DOS OVOS	14
3.2	ÁGUA COMO PERCENTUAL DO PESO ÚMIDO	14
3.3	PESO SECO DOS OVOS	15
3.4	PESO SECO LIVRE DAS CINZAS	15
3.5	CONTEÚDO ORGÂNICO COMO PERCENTUAL DO PESO SECO	16
3.6	CONTEÚDO INORGÂNICO COMO PERCENTUAL DO PESO SECO DOS OVOS	17
3.7	PESO DAS PARALARVAS	17
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Fornecer paralarvas de qualidade é um fator determinante para aumentar as chances de sucesso da larvicultura de polvos. Para tal, devemos focar primeiramente no desenvolvimento embrionário das espécies de interesse. As condições ambientais desempenham um papel fundamental para a qualidade dos ovos e das larvas em peixes e invertebrados (BENZIE, 1998), assim, não se pode negligenciar a importância de um sistema baseado em espelhar as condições naturais de desova das fêmeas.

Os polvos são animais marinhos invertebrados pertencentes ao filo Mollusca e possuem alto valor comercial, além de serem apreciados na culinária mundial. Olhando para o potencial aquícola, os polvos apresentam diversas características atrativas ao cultivo como ciclo de vida curto, crescimento rápido, adaptabilidade ao cativeiro e alta taxa de conversão alimentar, alta fecundidade (VAZ-PIRES et al., 2004; VIDAL et al., 2014). Além disso possuem aproximadamente 85% do seu corpo aproveitável para consumo humano. A reprodução é natural e não é necessário utilizar drogas para induzir a reprodução, que é feita de forma natural mantendo um macho e uma fêmea no mesmo espaço.

A otimização de um sistema de cultivo de polvos geralmente se inicia com pesquisas realizadas para a fase de vida 'paralarvas' (IGLESIAS et al., 2007). As paralarvas são a primeira fase pós-embrionária dos polvos, que é planctônica e morfologicamente diferente da fase adulta (VIDAL & SHEA, 2023). Um dos principais gargalos para o cultivo de polvos é a sua larvicultura, que é uma fase caracterizada pela alta mortalidade devido à extrema sensibilidade das paralarvas. Com isso existe a necessidade de se produzir paralarvas viáveis e com qualidade para o cultivo, reduzindo assim a taxa de mortalidade presente nesta fase.

Durante a fase embrionária as fêmeas apresentam cuidado parental, cuidando e aerando os ovos durante todo o desenvolvimento. Ovos incubados sem a fêmea tendem a não se desenvolverem perfeitamente e as principais causas ainda não são bem compreendidas, além de ficarem mais expostos à contaminação por fungos e bactérias (DERYCKERE et al., 2020). Devido a estas condições específicas, estudos envolvendo o desenvolvimento embrionário e novas metodologias para a incubação

dos ovos sem a fêmea, como os descritos por Deryckere et al. (2020) são necessários para dar suporte e estabilidade a futuros projetos de cultivo.

Um estudo conduzido por Lenz et al. (2015) descreveu os ovos e as paralarvas de *Octopus insularis* Leite e Haimovici (2008) pela primeira vez. Esse trabalho apresenta informações como a fecundidade aproximada por fêmea, número de ovos por cacho, comprimento dos cachos de ovos, comprimento e largura dos ovos, peso dos ovos e descrição das paralarvas recém eclodidas com detalhes sobre o padrão de cromatóforos das mesmas que é uma característica específica da espécie. Estes resultados foram positivos por proporcionarem a primeira descrição dos ovos e paralarvas dessa espécie em condições de cultivo, possibilitando o planejamento de projetos futuros com melhor eficiência.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da temperatura durante o desenvolvimento embrionário em *O. vulgaris*, Nande et al. (2018) observaram uma diferença significativa no tempo de desenvolvimento em duas temperaturas experimentais (14°C e 18°C). Embora a temperatura de incubação tenha influência diretamente no desenvolvimento embrionário, ao eclodir, as paralarvas eram morfológicamente parecidas e não houve diferença significativa no peso orgânico e inorgânico dos ovos antes da eclosão. Este estudo sugere que o limite de tolerância de temperatura para *O. vulgaris* seja próximo aos 18°C e, tendo em vista que o peso seco se refere à matéria orgânica e inorgânica presente nos ovos, a ausência de diferenças significativas no peso sugere que houve um desenvolvimento normal dos embriões em ambas as temperaturas experimentais.

Em 2012, Uriarte et al. (2012) também conduziram um experimento, com *Octopus mimus*, para avaliar a temperatura no desenvolvimento embrionário. Para tal foram realizadas análises morfométricas, quantificação de vitelo, características do embrião no estágio XV (Naef, 1928), metabolismo respiratório do embrião e a taxa de crescimento, que foi calculada pela diferença de tamanho dos embriões entre os estágios IV e XV. No estágio IV, os ovos de *O. mimus* tinham um peso úmido de 0.94 mg e peso seco de 0.21 mg. Quando atingiram o estágio XV, não houve diferenças significativas entre o peso dos ovos nas diferentes temperaturas experimentais testadas.

Os estudos pretéritos descritos acima (NANDE et al., 2018; URIARTE et al., 2012) indicam que o peso úmido e orgânico dos ovos, pode ser um indicativo importante da qualidade das paralarvas no momento da eclosão e, portanto, deve ser examinado mais detalhadamente ao longo do desenvolvimento embrionário em polvos. Estudos que relacionem a formação com a qualidade das paralarvas são escassos na literatura. Porém, a obtenção de parâmetros que possam indicar a viabilidade das paralarvas no momento da eclosão para a larvicultura de polvos é uma meta importante a ser alcançada.

A aquicultura de polvos ainda apresenta muitas dificuldades para o sucesso indiscutível da produção. Diversos autores apontam a larvicultura como principal gargalo para o ciclo de vida completo desses animais. Iglesias et al. (2007) ressaltam a alta taxa de mortalidade e baixo crescimento das paralarvas de *Octopus vulgaris* em condições de cultivo. Além da fase paralarval, o desenvolvimento embrionário também representa um grande obstáculo para o cultivo completo de algumas espécies, Uriarte et al. (2011) aponta a incubação dos ovos como o gargalo principal para o cultivo de *Enteroctopus megalocythus*.

A necessidade de parâmetros que indiquem a qualidade das paralarvas instigou a tentativa de introduzir o conteúdo orgânico e inorgânico dos ovos durante o desenvolvimento embrionário de *O. insularis* como um parâmetro confiável para determinar a viabilidade das paralarvas, uma vez que os embriões de *O. insularis* podem ser utilizados como um modelo em pesquisas sobre a biologia do desenvolvimento já que são considerados adequados para realização de análises detalhadas de características específicas durante o desenvolvimento (MALDONADO et al. 2019). A partir da desova, parâmetros pré-estabelecidos como indicativo da qualidade das paralarvas podem ser analisados como, no presente trabalho, o conteúdo orgânico e inorgânico e teor de umidade dos ovos ao longo do desenvolvimento embrionário de *O. insularis*.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar o conteúdo de água, conteúdo orgânico e inorgânico dos ovos de *O. insularis* durante o desenvolvimento embrionário para se avaliar como alterações na formação do embrião podem ser usadas como predição da qualidade das paralarvas para o sucesso da larvicultura.

## 1.1 OBJETIVOS

1. Examinar o percentual de água e o conteúdo orgânico e inorgânico dos ovos de *O. insularis* ao longo de todo o desenvolvimento embrionário;
2. Relacionar as variações no conteúdo de água e conteúdo orgânico e inorgânico dos ovos durante a formação do embrião como forma de predição da qualidade das paralarvas no momento da eclosão para a larvicultura.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 COLETA E MANUTENÇÃO DE REPRODUTORES

Três fêmeas e um macho foram coletados através de mergulho autônomo ao longo da costa do estado do Rio Grande do Norte, a uma profundidade de 7 a 9 metros, e mantidos no Centro Tecnológico de Aquicultura da Universidade do Rio Grande do Norte durante 4 dias. Após esse período de aclimação, os polvos foram transportados por via aérea em caixas térmicas com oxigênio dissolvido (até cerca de  $20 \text{ mgL}^{-1}$ ) (VIDAL et al. 2014) até o Laboratório das Fases Iniciais de Cefalópodes, da Universidade Federal do Paraná – Unidade Mirassol, em uma viagem que durou cerca de 10 h.

Ao chegarem ao laboratório, os polvos foram pesados e aclimatados. Os pesos obtidos foram de 1340g para o macho, 1630g, 1680g e 1810g para as fêmeas. A aclimação foi feita em um sistema fechado de recirculação de água a  $26^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  de temperatura e  $32 \pm 1$  de salinidade.

O sistema de recirculação incluía três tanques de cultivo com diferentes volumes. Dois tanques eram retangulares com 138 L (0,69 x 0,40 x 0,50 m) e 192 L (1,60 x 0,30 x 0,40 m) de volume e um tanque circular com 462 L (1,22m de diâmetro superior, 0,96m de diâmetro inferior e 0,58m de altura). Cada um dos tanques estava conectado, diretamente, a um filtro biológico de 324 L (1,80 x 0,60 x 0,30 m) e um filtro

ultravioleta de 13W. Os tanques também contavam com abrigos de PVC (30cm de comprimento x 10cm de diâmetro) para cada animal.

A alimentação dos reprodutores consistiu em presas vivas, incluindo o siri azul (*Callinectes sapidus*), ostra (*Crassostrea*, Sacco 1897) e mexilhão marrom (*Perna perna*) oferecidos em abundância. Inicialmente, os polvos foram alimentados com siris vivos apenas à noite, os quais eram levados para os abrigos e somente os restos eram descartados. Após quatro dias, passaram a ser alimentados durante o dia e começaram a capturar peixe descongelado. Sardinhas (*Sardinella brasiliensis*) eram fornecidas na razão de uma por polvo por dia, enquanto siris vivos eram oferecidos na proporção de um a dois por animal diariamente.

Os tanques eram limpos e sifonados todos os dias para remover material particulado, os restos de conchas e tecidos e preservar a qualidade da água. Também foram realizadas trocas parciais de 20% de água ao dia para reduzir os níveis de nitrato. Medições diárias de parâmetros como temperatura, pH, salinidade e compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato), eram efetuadas.

## 2.2 REPRODUÇÃO, POSTURA DE OVOS E DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

O macho foi mantido com as três fêmeas, cada uma mantida em um tanque individual para garantir a cópula com todas as fêmeas. Durante a cópula, o macho utilizava seu hectocólito (braço modificado utilizado para transferência de espermatozoides) para inseri-lo na cavidade do manto da fêmea. Esse processo de cópula durava aproximadamente 20 a 30 minutos. Os primeiros aglomerados de ovos foram observados 26 dias após a chegada dos polvos ao laboratório. A postura de ovos se estendeu por vários dias. Os cachos de ovos foram presos na parte superior dos abrigos de PVC, onde as fêmeas permaneceram ventilando e limpando durante todo o desenvolvimento embrionário. Como não se alimentam durante o desenvolvimento dos ovos, as fêmeas morreram alguns dias após a eclosão de todas as paralarvas.

### 2.3 PESO ÚMIDO, PESO SECO E PESO SECO LIVRE DE CINZAS

Amostras de ovos foram pesadas no primeiro dia após a desova e nos dias 4, 7, 10, 13, 16,19, 22, 25 e até o 28º dia, o qual se seguiu as primeiras eclosões de palarvas. A obtenção do peso úmido e peso seco dos ovos foram obtidos de acordo com o protocolo de Vidal et al. (2002). Para tal, os ovos foram mergulhados rapidamente em água destilada para remoção de cristais de sal, passados em papel absorvente, e após separados em 10 amostras, cada uma contendo 15 ovos, foram pesados em balança analítica (OHAUS Discovery com precisão de 0.00001g).

Para obtenção do peso seco, as 10 amostras com 15 ovos cada foram colocadas em uma estufa por 24 h a 60° C, quando atingiram peso constante. Antes de serem pesadas foram mantidas em um dessecador por pelo menos 4 h. Para obtenção do peso seco livre de cinzas, as amostras foram incineradas em forno mufla a  $500 \pm 20^{\circ}\text{C}$  por 6 h, quando atingiram peso constante segundo método de Omori & Ikeda (1984). As 10 amostras foram agrupadas de duas em duas, cada uma contendo 30 ovos, para a pesagem das cinzas. Este procedimento foi necessário para facilitar a compreensão das medidas obtidas para o peso das cinzas, por serem valores extremamente baixos.

Após as medições de todas as amostras, os pesos, em gramas, foram divididos por 15 (exceto os valores de peso das cinzas que foram divididos por 30) para se obter o peso individual de cada ovo e multiplicado por 1000 para transformar os dados em miligramas. A média do peso úmido (peso seco + água), peso seco (conteúdo orgânico + inorgânico) e peso das cinzas (conteúdo inorgânico) foi obtida para cada um dos dias experimentais.

Utilizando como base a descrição dos estágios de desenvolvimento embrionário proposta por Deryckere et al. (2020) para *O. vulgaris*, as variações de peso foram relacionadas aos eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento embrionário de *O. insularis*. Os eventos mais marcantes ao longo do desenvolvimento acontecem nos estágios abaixo:

Estágio VI – A partir desse estágio, o embrião gira lentamente no sentido horário.

Estágio VII.1 – É possível observar as primeiras estruturas do que virão a ser os braços da paralarva, sugerindo que os tecidos do embrião começaram a se formar. Para um desenvolvimento correto, a absorção de água é aumentada e, no caso do *O. insularis*, o teor de água dos ovos começou a aumentar, aproximadamente, a partir do 13º dia de desenvolvimento embrionário, sugerindo o início da formação dos tecidos. O embrião faz sua primeira reversão no final do estágio VII.

Estágio XVII – Origem de um embrião imaturo.

Estágio XIX.2 – O embrião completa a segunda reversão.

Estágios XX.2 – Eclosão. Em *O. insularis*, ocorre aproximadamente a partir do 28º dia de cultivo.

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 PESO ÚMIDO DOS OVOS**

O peso úmido médio dos ovos se manteve constante entre o 1º e o 13º dia de desenvolvimento (Figura 1). A partir do 13º dia houve um aumento no peso úmido, que passou de 0.70 mg para 0.90 mg no 16º dia. Porém houve uma queda entre os dias 16 e 19 onde o peso úmido variou de 0.90 mg a 0.50 mg. Após o 19º dia, o peso úmido aumentou gradualmente até o 28º dia, onde os ovos atingiram 1.24 mg

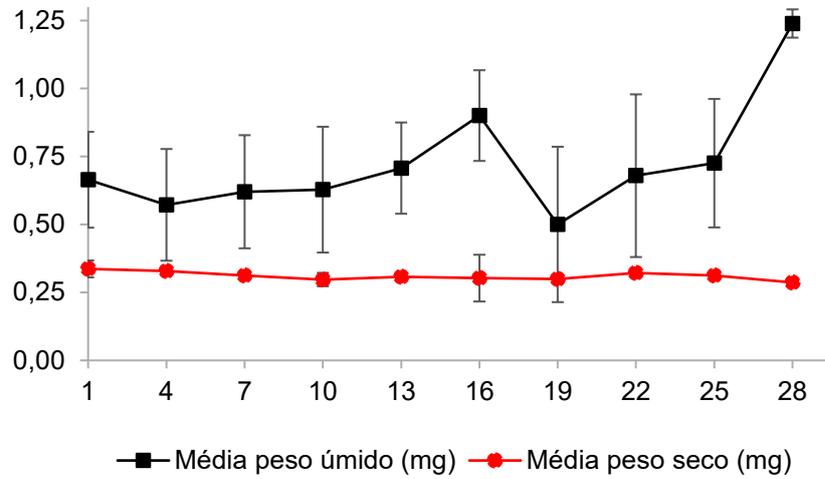


Figura 1. Média e desvio-padrão de peso úmido e seco de ovos de *Octopus insularis* durante o desenvolvimento embrionário.

### 3.2 ÁGUA COMO PERCENTUAL DO PESO ÚMIDO

A água representou 40 a 77% do peso úmido dos ovos (Figura 2), com os maiores teores de água como percentual do peso úmido sendo 53 e 57% em 40% dos ovos analisados.

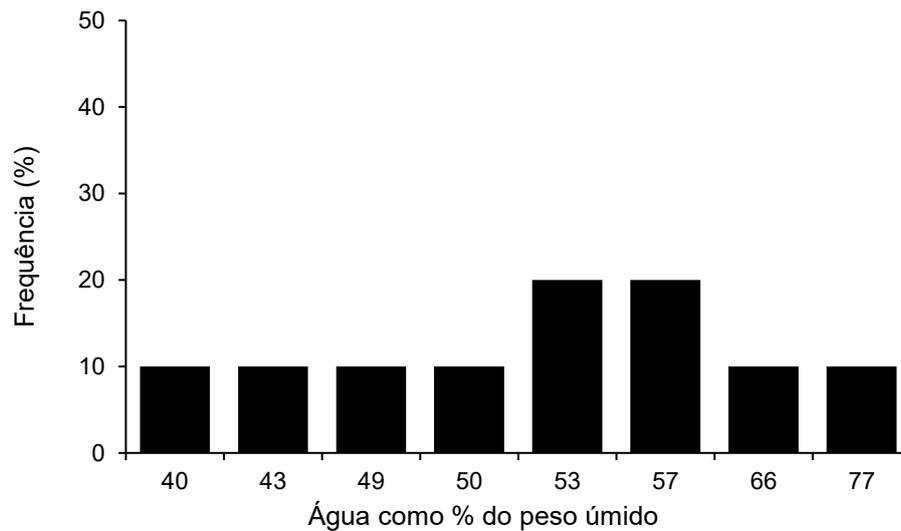


Figura3. Porcentagem de água em relação ao peso úmido total em ovos de *Octopus insularis*.

### 3.3 PESO SECO DOS OVOS

O peso seco dos ovos se manteve constante ao longo de todo o desenvolvimento, variando de 0.33 mg no dia 1 até 0.28 mg no dia 28.

### 3.4 PESO SECO LIVRE DAS CINZAS

O peso seco livre de cinzas (conteúdo orgânico) apresentou pequenas variações no conteúdo orgânico ao longo do desenvolvimento (Figura 3), mas nenhuma delas mostrou diferença maior do que 0.05 mg, variando de 0.31 mg no 1º dia até 0.27 mg no 28º dia.

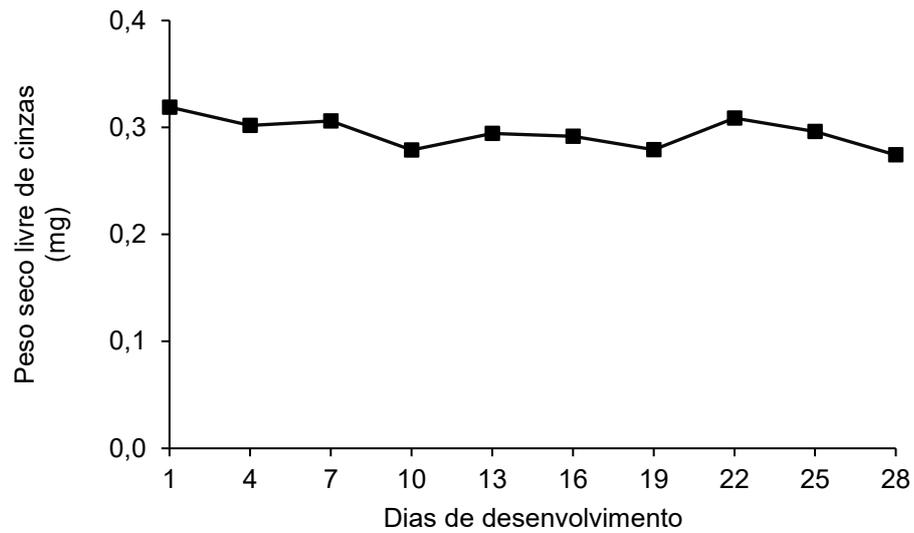


Figura 3. Conteúdo orgânico em ovos de *Octopus insularis* ao longo do desenvolvimento.

### 3.5 CONTEÚDO ORGÂNICO COMO PERCENTUAL DO PESO SECO

O conteúdo orgânico dos ovos variou entre 92 a 98% (Figura 4). As maiores frequências obtidas estiveram entre 95 e 96%, representando 60% dos valores analisados.

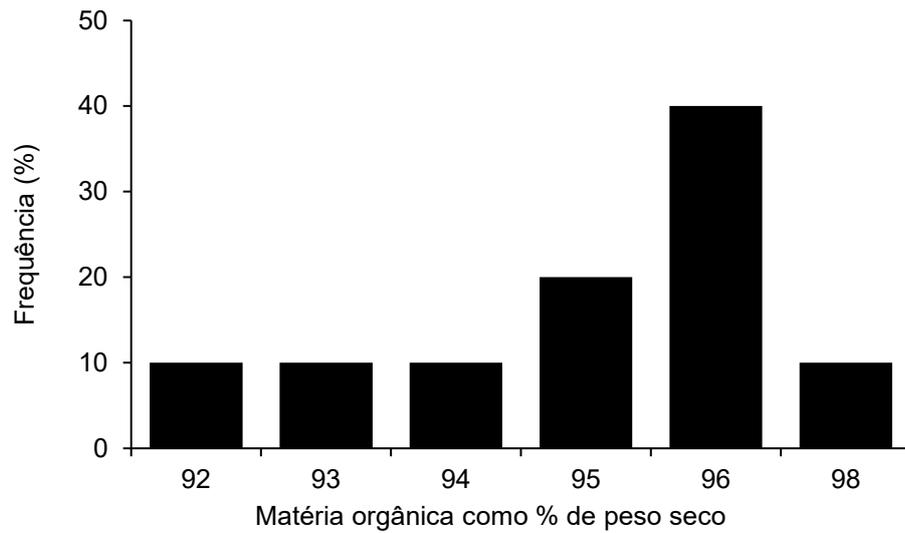


Figura 4. Matéria orgânica como percentual do peso seco total em ovos de *Octopus insularis*.

### 3.6 CONTEÚDO INORGÂNICO COMO PERCENTUAL DO PESO SECO DOS OVOS

O conteúdo inorgânico oscilou entre 2 a 8% (Figura 5) com maior frequência obtida de 4 e 5%, equivalente a 60% das amostras.

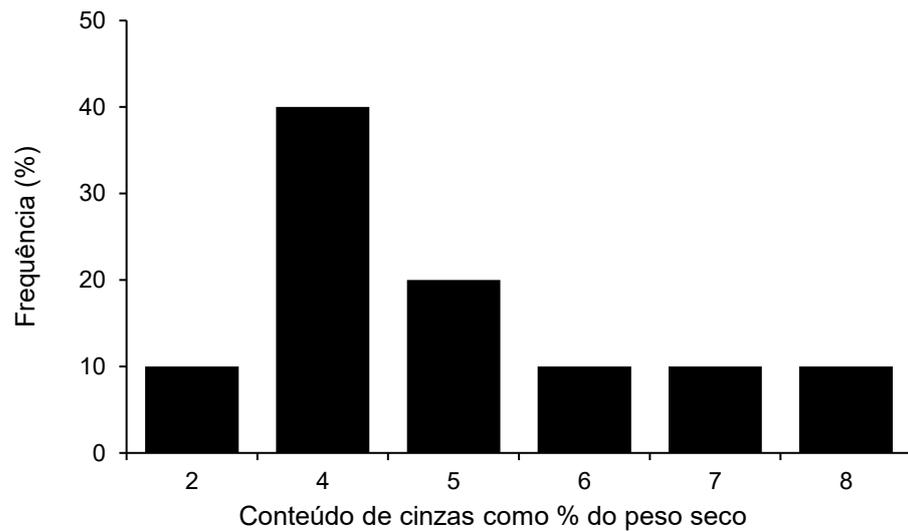


Figura 6. Matéria inorgânica como porcentagem do peso seco total em ovos de *Octopus insularis*.

### 3.7 PESO DAS PARALARVAS

As paralarvas recém eclodidas apresentaram um peso seco de  $0.26 \pm 0.01$  mg, peso úmido de  $1.03 \pm 0.1$  mg comprimento total de  $2.79 \pm 0.08$  mm, comprimento do manto  $1.90 \pm 0.06$  mm e comprimento do 4º par de braços de  $0.88 \pm 0.04$  mm.

## 4 DISCUSSÃO

O peso úmido é um parâmetro muito importante que permite monitorar a absorção de água ao longo do desenvolvimento e avaliar a saúde dos embriões, principalmente quando estão sujeitos a diferentes condições ambientais, como salinidade, temperatura e pH. Ovos de *Sepia officinalis* demonstraram relação linear entre a massa úmida do embrião e o pH da água (GUTOWSKA & MELZNER, 2009). Neste trabalho como os ovos foram mantidos em pH constante, não houve análise da

O peso seco se refere aos nutrientes essenciais durante o desenvolvimento embrionário. Em ovos de *O. vulgaris* nos estágios X – XVII (NAEF, 1998)

aproximadamente 55% do peso seco é composto por aminoácidos e diminui para 44% em paralarvas recém-eclodidas (VILLANUEVA et al., 2004). Parte do peso seco de paralarvas também é composto de 11-13% por lipídeos e ácidos graxos (NAVARRO & VILLANUEVA, 2000). Com isso, o peso seco demonstra ser uma medida muito viável e estável para se avaliar o crescimento das paralarvas em termos de biomassa. Ao comparar o peso seco e úmido é possível obter a proporção de água e biomassa do embrião, o que é uma informação muito importante sobre suas condições fisiológicas ao longo do desenvolvimento embrionário.

Em *O. vulgaris* o peso úmido dos ovos sofre influência tanto da dieta materna quanto do estágio embrionário (MÁRQUEZ et al., 2013) e aumenta ao longo do desenvolvimento embrionário, refletindo a quantidade de água absorvida pelos ovos.

Como esperado, o aumento do peso úmido dos ovos ao longo do desenvolvimento foi intensificado a partir do Estágio XVII, com o início da organogênese, onde o embrião intensifica a formação de seus tecidos e absorção de água. Ao longo do desenvolvimento, o embrião libera substâncias que favorecem a entrada de água pelo córion, podendo resultar em um aumento de até 80% no volume dos ovos (BOLETZKY, 2003). Houve uma queda no percentual de água das amostras do dia 19 em decorrência a uma infecção por fungos observada no cacho selecionado para amostragem que pode ter prejudicado o processo embrionário, como observado no molusco gastrópode *Biomphalaria tenagophila* onde a exposição ao fungo prejudicou cerca de 84% do processo embriogênese dos ovos (CASTRO et al., 2002). Porém, as amostras de ovos obtidas em dias experimentais posteriores não apresentaram qualquer tipo de contaminação.

Em sépias *Seppiella japonica* foi registrado uma relação de aumento linear entre o líquido perivitelínico e o conteúdo de proteínas durante o desenvolvimento embrionário dos ovos, sugerindo que as mesmas sejam produzidas pelo embrião para manter a pressão osmótica em níveis mais elevados aos da água do mar, ocasionando na entrada de água nos ovos através do córion para aumento do líquido perivitelínico (GOMI et al., 1986). De acordo com os resultados do presente estudo, a absorção de água não é constante ao longo de todo o desenvolvimento, mas se intensifica com o início da organogênese. Os resultados adquiridos neste estudo são comparáveis aos observados para a sépia *Sepia officinalis*, onde variações nos níveis de água dos ovos

foram identificadas como responsáveis pela diferença no peso úmido (BOUCHAUD & DAGUZAN, 1990).

Para *O. mimus*, a quantidade de água também representou em torno de 80% do peso úmido dos ovos (CASTRO et al., 2002). O corpo de polvos adultos é constituído de aproximadamente 82% de água, demonstrando que é o seu principal formador (O'DOR, 1987) e corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

O peso seco se manteve praticamente constante ao longo de todo o desenvolvimento e houve uma tendência em se estabilizar próximo ao final da organogênese, em decorrência à completa formação dos tecidos do embrião. A perda de biomassa foi relativamente baixa, com uma redução de aproximadamente 14.9% no peso orgânico dos ovos, recorrente do gasto energético para manutenção do metabolismo dos embriões que estavam sendo mantidos à  $26 \pm 1^\circ \text{C}$ . Estes resultados condizem com os dados observados para o peso seco dos ovos de *S. officinalis* incubados em diferentes temperaturas ( $12^\circ \text{C}$ ,  $15^\circ \text{C}$ ,  $18^\circ \text{C}$  e  $21^\circ \text{C}$ ), sendo que o mesmo permaneceu praticamente inalterado durante todo o processo de desenvolvimento (BOUCHAUD & DAGUZAN, 1990).

No presente estudo, apesar de ter sido observada uma pequena redução no peso orgânico dos ovos ao longo do desenvolvimento de *O. insularis*, o peso inorgânico se manteve praticamente constante e apresentou uma diferença menor do que 1% entre o primeiro dia após a desova e o último dia antes da eclosão.

Uma característica de destaque nos cefalópodes é seu alto teor de proteínas (75 a 85% do peso seco) e baixo teor de cinzas (LEE, 1995). Os resultados apontam que em ovos de *O. insularis* as maiores frequências obtidas do conteúdo orgânico e inorgânico em relação ao peso seco dos ovos foram de 98% e 8%, respectivamente. Estes resultados se assemelham a composição sugerida por Lee (1995) quando consideramos que aproximadamente 10 a 11% do peso seco também é composta por lípidos, como observado por Navarro & Villanueva (2000) para *O. vulgaris*.

Os resultados para o peso úmido e seco dos ovos obtidos no primeiro dia após a desova ( $0.66 \pm 0.18$  e  $0.34 \pm 0.03$  mg) são muito próximos aos obtidos por Lenz et al. (2015) também para os ovos de *O. insularis*,  $0.70 \pm 0.17$  mg e  $0.33 \pm 0.03$  mg respectivamente. Já o comprimento total da paralarva recém eclodida de  $2.34 \pm 0.16$

mm obtido por estes autores se demonstrou menor que os obtidos neste trabalho de  $2.79 \pm 0.08$  mm.

O percentual de água nos ovos e paralarvas de *O.insularis* são similares, pois a água representou de 73.8 a 75.7% do peso úmido das paralarvas no momento da eclosão. Este percentual de água levemente inferior ao dos ovos é devido as paralarvas estarem livres do córion e do fluido perivitelínico. Resultados parecidos foram observados para a lula *Doryteuthis opalescens*, onde as paralarvas apresentaram um percentual de água de 74 a 80% do peso úmido (VIDAL et al. 2002).

Segundo Márquez et al. 2013, é possível realizar uma estimativa do peso seco da paralarva recém eclodida a partir do comprimento total do ovo. Devido a dificuldade de encontrar organismos em fase planctônica no ambiente natural, essa correlação permite avaliar o peso das paralarvas a partir de ovos encontrados na natureza.

## 5 CONCLUSÃO

O estudo da relação entre o peso seco e o peso úmido em paralarvas de polvos é muito relevante para a aquicultura. Considerando que o objetivo desta prática é maximizar a sobrevivência e crescimento das paralarvas até estágios juvenis viáveis, monitorar e compreender esses parâmetros pode ajudar a melhorar as técnicas de cultivo e garantir o sucesso no desenvolvimento das paralarvas em condições controladas.

O peso úmido e seco dos ovos são parâmetros críticos para o entendimento dos impactos das condições ambientais no desenvolvimento de cefalópodes. Podem ser ferramentas valiosas para estratégias de manejo eficazes em aquicultura. Estudos futuros podem ampliar o conhecimento sobre como esse indicador pode ser usado para prever a qualidade do embrião em ovos de *O. insularis*.

O peso seco reflete a quantidade de materiais sólidos como lipídeos, aminoácidos, ácidos graxos e proteínas presente nos ovos, que estão relacionados com as reservas armazenadas para o desenvolvimento embrionário. Conhecendo a composição bioquímica dos ovos é possível acompanhar o ganho em termos de

biomassa das paralarvas e definir protocolos de manutenção mais precisos e eficazes durante a larvicultura.

A proximidade nos valores obtidos de peso seco dos ovos um dia antes da eclosão e das paralarvas recém eclodidas demonstraram uma correlação direta, validando o conteúdo orgânico e inorgânico durante o desenvolvimento embrionário como parâmetros confiáveis e viáveis que podem ser utilizados como indicadores preditivos da qualidade de paralarvas para larvicultura de polvos.

## Referências

- BENZIE, J. A. H. Penaeid genetics and biotechnology. **Aquaculture**, 164(1-4), 23-47, 1998.
- BOLETZKY, S. V. Embryonic development of cephalopods at low temperatures. **Antarctic Science.**, 6(2), 139-142, 1994. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/278322654>>.
- BOLETZKY, S. V. Biology of early life stages in cephalopod molluscs. Em: **Advances in Marine Biology**. v. 44, p. 143–203 Academic Press, 2003.
- BOUCHAUD; DAGUZAN. Etude expérimentale de l'influence de la température sur le déroulement embryonnaire de la seiche *Sepia officinalis* L. (Céphalopode, Sepioidae). **Cahiers de Biologie Marine**, 31(1), 131-145, 1990.
- CASTRO, H.; OLIVARES, A.; QUINTANA, A.; ZUÑIGA, O. **Descripción del desarrollo embrionario y paralarvas de *Octopus mimus* Gould 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en cautiverio**. Estud. Oceanol, 21, 13-25, 2002.
- CASTRO, L. S. et al. Susceptibility of embryos of *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca: Gastropoda) to infection by *Pochonia chlamydosporia* (Ascomycota: Sordariomycetes). **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 5, 1 maio 2022.
- DERYCKERE, A. et al. A practical staging atlas to study embryonic development of *Octopus vulgaris* under controlled laboratory conditions. **BMC Developmental Biology**, v. 20, n. 1, 16 abr. 2020.
- GOMI, F., YAMAMOTO, M; NAKAZAWA, T. Swelling of egg during development of the cuttlefish, *Sepiella japonica*. **Zoological Science**, 3(4), 641-645, 1986.
- GUTOWSKA, M. A.; MELZNER, F. Abiotic conditions in cephalopod (*Sepia officinalis*) eggs: Embryonic development at low pH and high pCO<sub>2</sub>. **Marine Biology**, v. 156, n. 3, p. 515–519, fev. 2009.
- IGLESIAS, J. et al. **Rearing of *Octopus vulgaris* paralarvae: Present status, bottlenecks and trends**. Aquaculture, 1 jun. 2007.
- LEE, P. G. Nutrition of cephalopods: fueling the system. **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, 25(1-3), 35-51, 1995.
- LEITE, T. S. et al. Morphological and genetic description of *Octopus insularis*, a new cryptic species in the *Octopus vulgaris* complex (Cephalopoda: Octopodidae) from the tropical southwestern Atlantic. **Journal of Molluscan Studies**, v. 74, n. 1, p. 63–74, fev. 2008.
- LENZ, T. M. et al. First description of the eggs and paralarvae of the tropical octopus, *octopus insularis*, under culture conditions. **American Malacological Bulletin**, v. 33, n. 1, p. 101–109, 1 fev. 2015.

MALDONADO, E. et al. *Octopus insularis* as a new marine model for evolutionary developmental biology. **Biology Open**, v. 8, n. 11, 2019.

MÁRQUEZ, L. et al. Biometrical relationships in developing eggs and neonates of *Octopus vulgaris* in relation to parental diet. **Helgoland Marine Research**, v. 67, n. 3, p. 461–470, set. 2013.

NAEF, A. Die Cephalopoden. Embryologie. **Die Fauna Flora Golf Neapel**, 35(2), 1-357, 1928.

NANDE, M.; DOMINGUES, P.; ROSAS, C. Effects of Temperature on the Embryonic Development of *Octopus vulgaris*. **Journal of Shellfish Research**, v. 37, n. 5, p. 1013–1019, 1 dez. 2018.

NAVARRO, J. C.; VILLANUEVA, R. (2000). Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. **Aquaculture**, 183(1-2), 161-177, 2000.

O'DOR, R. Energy and nutrient flow. **Cephalopod life cycles**, 109-134, 1987.

OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. John-Wiely and Sons, New York, 1984.

QUINTANA et al. Relationships between spawn quality and biochemical composition of eggs and hatchlings of *Octopus vulgaris* under different parental diets. **Aquaculture**, 446, 206-216, 2015.

SPREITZENBARTH, S.; JEFFS, A. Egg survival and morphometric development of a merobenthic octopus, *Octopus tetricus*, embryos in an artificial octopus egg rearing system. **Aquaculture**, v. 526, 15 set. 2020.

URIARTE, I. et al. Current Status and Bottle Neck of Octopod Aquaculture: The Case of American Species. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 6, p. 735–752, dez. 2011.

URIARTE, I. et al. Effect of temperature on embryonic development of *Octopus mimus* under controlled conditions. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 416–417, p. 168–175, 15 maio 2012.

URIARTE, I. et al. Key aspects of egg incubation in Patagonian red octopus (*Enteroctopus megalocyathus*) for cultivation purposes. **Aquaculture**, v. 424–425, p. 158–166, 20 mar. 2014.

VAZ-PIRES, P.; SEIXAS, P.; BARBOSA, A. Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): A review. **Aquaculture**, v. 238, n. 1–4, p. 221–238, 1 set. 2004.

VIDAL, E. A. G.; SHEA, E. K. **Cephalopod ontogeny and life cycle patterns**. **Frontiers in Marine Science**, 10, 1162735, 2023.

VIDAL, E. A et al. Influence of temperature and food availability on survival, growth and yolk utilization in hatchling squid. **Bulletin of Marine Science**, 71(2), 915-931, 2002.

VIDAL, E. A. G. et al. Cephalopod culture: Current status of main biological models and research priorities. Em: **Advances in Marine Biology**. v. 67p. 1–98, 2014.

VILLANUEVA, R. et al. Amino acid composition of early stages of cephalopods and effect of amino acid dietary treatments on *Octopus vulgaris* paralarvae. **Aquaculture**, v. 242, n. 1–4, p. 455–478, 20 dez. 2004.