



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**



**Doutorado em Desenvolvimento
e Meio Ambiente**

Associação Plena
em Rede



ANDRÉ PRATA SANTIAGO

**LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE E
PRESERVAÇÃO DO RECURSO**

FORTALEZA

2016

ANDRÉ PRATA SANTIAGO

LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE E
PRESERVAÇÃO DO RECURSO

LOBSTER: AQUACULTURE AS A TOOL FOR SUSTAINABILITY AND
CONSERVATION OF RESOURCE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

Coorientador: Prof. Dr. Masayoshi Ogawa.

FORTALEZA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S226l Santiago, André Prata.
Lagosta: Aquicultura como ferramenta para a sustentabilidade e preservação do recurso
/ André Prata Santiago. – 2016.
283 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-
Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza,
2016.
Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.
Coorientação: Prof. Dr. Masayoshi Ogawa.
1. Cultivo. 2. Lagosta espinhosa. 3. *Panulirus argus*. 4. Sistema de recirculação. I. Título.

CDD 333.7

ANDRÉ PRATA SANTIAGO

LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE E
PRESERVAÇÃO DO RECURSO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 01/07/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Satander Sá Freire (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Maria Lúcia Nunes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Rossi Lelis Muniz Souza
SEPIA Tecnologia e Serviços Ltda.
Diretor de Pesquisa e Inovação

Prof. Dr. Raimundo Nonato de Lima Conceição
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico à **Deus**.

À memória do meu pai, **Silvio Sátiro Santiago**, um grande homem, que tinha como único desejo ver nossa felicidade, e que acreditou e acompanhou meu trajeto acadêmico, e com imenso orgulho meus primeiros passos deste desafio.

À minha mãe, **Claudia Maria Prata Santiago**, pelo exemplo de vida e fé, por me ensinar a agir com respeito e seguir o caminho da dignidade.

À minha esposa, **Janaína de Araújo Sousa Santiago**, uma grande amiga e companheira, que infelizmente não tenho o dom das palavras para expressar o quanto ela é especial e importante na minha vida, meu grande amor, mas o mais importante é que ela me escolheu como seu companheiro para todos os momentos de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter abençoado todos os dias da minha vida e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus queridos pais Silvio (*in memoriam*) e Cláudia, exemplos de vida, amor e cumplicidade, que sempre me deram o suporte necessário para ultrapassar os obstáculos da vida. Vocês serão eternos, através dos seus exemplos e valores.

Aos meus irmãos **Cláudio** e **Cristiano**, pelo apoio e amizade. Mas, sobretudo, ao Cláudio por ter me incentivado a ir sempre além, por ter me ajudado na concretização do sonho de montar o laboratório de cultivo de lagosta. Estarei sempre a seu lado.

A meus tios, tias, primos e primas, especialmente as tias **Eliana** e **Fernanda** dos Santos Prata pelo apoio, torcida e confiança. Pelas imprescindíveis orações, e por sempre estarem presentes nos momentos de dificuldade, e dividiram os momentos de alegria. Obrigado!

Aos meus sogros **Manoel** e **Terezinha**, por seus exemplos de fé, simplicidade e dedicação à família, e aos meus cunhados **Valéria**, **Emanoel** e **Domêtilha** que me receberam como um novo membro da família sem distinção.

Ao Prof. Dr. George **Satander** Sá Freire, meu orientador, um cidadão íntegro, exemplo de conhecimento, honestidade e amor à profissão, que me recebeu, e se tornou não apenas um orientador, mas um amigo.

À Universidade Federal do Piauí, *Campus* de Parnaíba, pela liberação para cursar doutorado, especialmente ao Prof. Dr. **Alexandro** Marinho Oliveira pelo apoio e disponibilidade, e, sobretudo, por ter incentivado a concretização desta pesquisa.

Ao Professor **Masayoshi** **Ogawa**, um agradecimento muito especial pela orientação dada nos tempos de Graduação, Mestrado e Doutorado, por ter me ensinado e encorajado a trabalhar com lagostas; sou e sempre lhe serei agradecido pela orientação que me ofereceu.

À **Norma** Barreto Perdigão Ogawa, pela grande amizade desde a época de graduação, pelo incentivo, pelos conselhos, e, acima de tudo pela amizade sincera.

Aos colegas de trabalho da Universidade Federal do Piauí, Luiz **Gonzaga** e **Sidely** Santos, agradeço imensamente pelas preocupações, pelos exemplos de coragem, e profissionalismo, mas sobretudo pela amizade.

A **Maíla** Couto e **Kele** Oliveira estagiárias e alunos do Curso de Engenharia de Pesca que ajudaram na realização dos experimentos. Aos estagiários que chegaram depois, mas que foram fundamentais para o andamento dos trabalhos, Rayane, Raquel,

Ana Beatriz, Lucas, Kelton, Adriana e Priscila. E ao Pedro Neto, por sempre estar no lugar certo, na hora certa.

Ao Paulo Eudes – **Ném**, e aos pescadores da comunidade de Aranaú, Acaraú-CE: Ivan Vasconcelos – **Vandim**, **Roberto** Leopoldo e **Mateus** Vasconcelos.

E aos colegas do PRODEMA, pela convivência pacífica e sempre agradável, e pela ajuda prestada em especial a **Sônia** ao **João Paulo**, **George**, **Sâmila**, e a todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Enfim, obrigado a todos, sinceramente.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”.

“Ninguém nasce odiando outra pessoa pela cor de sua pele, por sua origem ou ainda por sua religião. Para odiar, as pessoas precisam aprender, e se podem aprender a odiar, elas podem ser ensinadas a amar”.

Nelson Mandela

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará”

(Salmo 22)

RESUMO

As causas das quedas e oscilações na produção de lagostas espinhosas dos países produtores são, principalmente, a superexploração dos estoques devido ao manejo destes ser feito de forma não sustentável. O Brasil está passando por problemas de gestão na pesca da lagosta, o que resulta em dificuldades, principalmente na pesca artesanal. O objetivo deste trabalho é propor a aquicultura como ferramenta para sustentabilidade e preservação da lagosta no Brasil. As pesquisas de cultivo de lagostas da espécie *Panulirus argus* foram realizadas no BioAqua (Parnaíba/ UFPI). Inicialmente, foi desenvolvido um estudo para determinação do *layout* de um laboratório para pesquisas na área de biotecnologia e aquicultura marinha. Posteriormente, foi realizado um experimento de transporte de juvenis de lagosta com quatro repetições para cada tratamento (T-I: controle; T-II: ácido ascórbico+macroalgas; T-III: macroalgas; e T-IV: ácido ascórbico), com duas diferentes densidades (20 e 25 ind./ recipiente), em blocos inteiramente casualizados. Foram realizados testes com manejo de água com três diferentes tratamentos (T-A: sem troca d'água; T-B: com 100% de troca d'água semanal; e T-C: sem troca d'água, com adição de probiótico) e testes com diferentes alimentos com quatro tratamentos (T-1: *Artemia*; T-2: camarão; T-3: mexilhão; e T-4: *Artemia*+camarão +mexilhão). No experimento de engorda em sistema de recirculação foram controladas as variáveis físicas e químicas da água, sendo analisado o desempenho zootécnico das lagostas, cultivadas com densidade inicial de 20 ind. m⁻³. Também foi realizado o cultivo utilizando diferentes tipos de abrigos (trat. I: tijolos; e trat. II: conexões de PVC) também em sistema de recirculação. O *layout* foi determinado e executado com dois sistemas de recirculação, cada um com seis tanques de cultivo e sistema de filtragem, um sistema para cultivo em bioensaio onde é possível cultivar, simultaneamente, 288 juvenis, uma sala para cultivo biosseguro e um sistema para recepção de animais e armazenamento de água. O transporte de juvenis de *P. argus* mostrou-se viável, sendo necessário uso de equipamento para aeração e um recipiente plástico com capacidade de 15 L, com 50% do volume com água marinha, para transportar entre 200 e 300 g de lagosta, nos tratamentos com densidade de 20 ind./ recipiente não houve mortalidade, já nos tratamentos com 25 ind./ recipiente, a mortalidade média foi de 0,5 ind./ tratam., mas não houve diferença estatística entre eles. Na comparação dos tratamentos com diferentes manejos de água a maior sobrevivência e taxa de aumento de biomassa foram obtidas no tratamento T-B com 97,92 e 21,77%, respectivamente, já a maior taxa de crescimento foi obtida no tratamento T-A. No experimento com testes de alimento os animais do tratamento T-3 apresentaram a maior sobrevivência com 95,83%, com maior taxa de aumento de biomassa e crescimento obtida pelo tratamento T-4 com 23,84 e 4,66%, respectivamente. Não houve diferença estatística na comparação dos tratamentos com diferentes manejos de água e alimentação. No experimento de engorda a sobrevivência foi de 65,83%, o aumento de biomassa foi de 302,44%, com aumento do comprimento total de 58,04%, em 126 dias de cultivo. No cultivo utilizando diferentes abrigos, o trat. I, teve sobrevivência de 81,67%, ganho de biomassa de 316% ou 30,87 g e aumento do comprimento total de 34,48 mm ou 54,98%, ao longo do cultivo. Já no trat. II, a sobrevivência foi de 70,00%, ganho de biomassa de 329,82% ou 33,18 g e o aumento do comprimento total foi de 37,95 mm ou 60,61%, não havendo diferença estatística entre os tratamentos em todas as variáveis. Apesar das dificuldades devido a sua biologia, o que dificulta o cultivo de todas as fases do ciclo de vida em cativeiro, é promissor o avanço da aquicultura em alguns países que produzem lagosta através da pesca, por poder beneficiar a própria pesca através de trabalhos de repovoamento, como também através da própria produção aquícola, para atender parte da demanda do mercado.

Palavras-chave: Cultivo. Lagosta espinhosa. *Panulirus argus*. Sistema de recirculação.

ABSTRACT

The causes of drop and fluctuations in the production of spiny lobster producing countries are mainly the over-exploitation of stocks due to the fact that the management of these is being done unsustainably. Brazil is going through management problems in the lobster fishery, which results in difficulties, especially in artisanal fisheries. The aim of this work is to propose aquaculture as a tool for sustainability and preservation of lobster in Brazil. Lobster cultivation research of the *Panulirus argus* species was conducted in BioAqua (Parnaíba/ UFPI). Initially, a study was developed to determine the layout of a laboratory for research in biotechnology and marine aquaculture. Afterwards, an experiment with transport of lobster juveniles was performed using four replications for each treatment (T-I: control, T-II: ascorbic acid+macroalgae; T-III: macroalgae, and T-IV: ascorbic acid) and two different densities (20 and 25 ind./ container), in a completely randomized block design. Tests with water management were performed with three different treatments (TA: without exchange water; TB: 100% weekly exchange water, and TC: without exchange of water with added probiotic) and tests with different food with four treatments (T-1: Artemia; T-2: shrimp; T-3: mussel, and T-4: *Artemia*+shrimp+mussels). In the growth experiment in recirculation system, physical and chemical variables of the water were controlled, being analyzed the growth performance of lobsters, cultivated with initial density of 20 ind. m⁻³. Cultivation was also carried out using different types of shelters (Treatment I: bricks, and treatment II: PVC fittings), also in recirculation system. The layout was determined and implemented with two recirculating systems, each with six cultivation tanks and filtration system, a system for cultivation in a bioassay which can be cultivated simultaneously 288 juveniles, a room for biosafe culture and a system for receiving animals and water storage. The transportation of juvenile *P. argus* proved viable, requiring the use of equipment for aeration and a plastic container with a capacity of 15 L with 50% of the volume being seawater, for transporting between 200 and 300 g of lobster, in treatments with density of 20 ind./ container there was no mortality. However, the treatments with 25 ind./ container, the average mortality was 0.5 ind./ treatment, but there was no statistical difference between them. Regarding the comparison of treatments with different managements of water, the highest survival and biomass growth rate were obtained in T-B treatment with 97.92 and 21.77%, respectively. Yet the highest growth rate was obtained in T-A treatment. In the experiment with food testing, T-3 treatment animals showed the highest survival rate of 95.83%, with greater rate of increase of biomass and growth achieved by treatment with T-4 23.84 and 4.66%, respectively. There were no statistical differences among the treatments with different management of water and food. In the growth experiment survival was 65.83%, the increase in biomass was 302.44% with an increase in the total length of 58,04% in 126 days of cultivation. In cultivation using different shelters, treatment I, had a survival rate of 81.67%, biomass gain of 316% or 30.87 g, and an increase in the total length of 34.48 mm or 54.98% throughout the cultivation. In treatment II, the survival rate was 70.00%, the biomass gain was 329.82% and 33.18 g, and the increase in the total length was 37.95 mm or 60.61% throughout the cultivation, with no statistical difference between treatments for all variables. Despite the difficulties due to their biology, what makes difficult the cultivation of all phases of the life cycle in captivity, the advancement of aquaculture is promising in some countries that produce lobster through fishery, since they are able to benefit from their own fishing, through restocking, as well as through their own aquaculture production, to meet part of the market demand.

Keywords: Culture. Spiny lobster. *Panulirus argus*. Recirculating aquaculture system.

ESBOÇO DA TESE

A tese foi dividida em três partes: Introdução geral; Lagosta: aquicultura como ferramenta para sustentabilidade; e Considerações gerais. Sendo realizada com autorizações do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO com números 34532-1, 34532-2 e 50954-1. Estão apresentadas abaixo as informações gerais de cada uma destas partes:

- Parte I - **INTRODUÇÃO GERAL**

Constitui a apresentação da tese, sendo a parte introdutória importante para auxiliar na compreensão e desenvolvimento das outras partes do trabalho, constando de uma introdução geral e da revisão de literatura que foi subdividida em: Espécies de lagosta, da família Palinuridae, que ocorrem na costa brasileira; Ciclo de vida; Pesca: gestão e sustentabilidade; e Aquicultura.

- Parte II - **LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE**

Composta do desenvolvimento da pesquisa realizada para composição do trabalho de tese, sendo subdividida em seis partes: Aquicultura como alternativa para a sustentabilidade das lagostas da família Palinuridae Latreille, 1802, no Brasil: revisão e considerações; *Layout* de laboratório para pesquisa, com ênfase, em biotecnologia e aquicultura marinha; Transporte de juvenis de lagosta da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804), utilizando macroalgas e antiestressante; Cultivo individual de juvenis de lagosta da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804), com diferentes manejos de água e alimento; Engorda de lagostas da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804), em sistema de recirculação; e Cultivo de lagostas da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804) utilizando diferentes tipos de abrigos, em sistema de recirculação. Abaixo é dada ênfase a cada uma destas partes, as quais foram organizadas em capítulos:

» Capítulo I: **Aquicultura como alternativa para a sustentabilidade das lagostas da família Palinuridae Latreille, 1802, no Brasil: revisão e considerações**

Neste capítulo foi realizada uma revisão sobre aquicultura e sua sustentabilidade, como também sobre a aquicultura das lagostas da família Palinuridae no mundo com trabalhos sobre larvicultura e engorda. Também

foram feitas observações sobre aquicultura das lagostas da família Palinuridae no Brasil com relação às ferramentas para sustentabilidade de sua exploração. Finalmente, foi elaborada e sugerida uma denominação para a atividade cultivo de lagostas no Brasil.

» Capítulo II: **Layout de laboratório para pesquisa, com ênfase, em biotecnologia e aquicultura marinha**

No capítulo II foi definido e executado um *layout* para execução de pesquisas nas áreas de biotecnologia e aquicultura marinha com *design* de diferentes estruturas de apoio e sistemas de cultivo: com água parada e recirculação, para cultivo de organismos em diferentes densidades. Sendo o laboratório subdividido em área de experimentação e as áreas para dar suporte aos trabalhos de pesquisa: análise de água, armazenamento e preparação de materiais e coordenação do laboratório.

» Capítulo III: **Transporte de juvenis de lagosta da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804), utilizando macroalgas e antiestressante**

Capítulo em que foi realizado o transporte de lagostas com diferentes densidades e utilizando ferramentas para redução do estresse durante o manejo, para estabelecimento de uma metodologia eficiente, isto é, com reduzido estresse e baixa ou nenhuma mortalidade.

» Capítulo IV: **Cultivo individual de juvenis de lagosta da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804), com diferentes manejos de água e alimento**

Neste capítulo foram realizados cultivos individuais com diferentes tratamentos de água e alimento, na busca de aperfeiçoar metodologias para futuros cultivos. Sendo utilizada a troca de água e probiótico como ferramentas para manter e/ou melhorar a qualidade da água, e como alimentos foram utilizados *Artemia*, camarão e mexilhão.

» Capítulo V: **Engorda de lagostas da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804), em sistema de recirculação**

Capítulo onde se realizou o cultivo de lagostas em sistema de recirculação com troca zero de água, sendo esta apenas repostada devido à evaporação. Durante o cultivo foram monitoradas variáveis físicas e químicas da água de cultivo como:

temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, condutividade, amônia total, nitrito, nitrato, fosfato, dureza total e alcalinidade. Com relação ao desempenho zootécnico foram mensurados: a biomassa das lagostas, o comprimento do cefalotórax e total, proporções entre os comprimentos total, do cefalotórax e da cauda e as taxas de aumento de biomassa, crescimento e a sobrevivência.

» Capítulo VI: **Cultivo de lagostas da espécie *Panulirus argus* (Latreille, 1804) utilizando diferentes tipos de abrigos, em sistema de recirculação**

No último capítulo desta parte da tese, foi realizado o cultivo com metodologia semelhante à apresentada no capítulo V com relação à metodologia de cultivo, bem como foram monitoradas as mesmas variáveis físicas e químicas da água do sistema de cultivo, e o desempenho zootécnico. O fator primordial neste capítulo foi a comparação de diferentes tipos de abrigos com características diferenciadas com respeito ao tamanho e complexidade.

- Parte III - **CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Nesta parte da tese foi dada a percepção geral dos temas desenvolvidos, através de considerações, ponderações e ações futuras com relação ao assunto apresentado.

LISTA DE FIGURAS

	Conteúdo	Página
PARTE I – INTRODUÇÃO GERAL		
Figura 1	Espécies de lagosta do gênero <i>Panulirus</i> que ocorrem na costa do Brasil: (A) <i>P. argus</i> ; (B) <i>P. laevicauda</i> ; e (C) <i>P. echinatus</i>	2
Figura 2	Ciclo de vida das lagostas do gênero <i>Panulirus</i>	14
Figura 3	Espermatóforo de fêmea da espécie <i>Panulirus echinatus</i> , utilizado parcialmente (indicado na seta).....	18
Figura 4	Viveiros do tipo barragem.....	32
Figura 5	Projeto de aquicultura com viveiros tipo contorno.....	33
Figura 6	Projeto de aquicultura com viveiros de derivação.....	34
Figura 7	Viveiro com paredes verticais de tijolos cobertos com argamassa, China.....	35
Figura 8	Viveiros vazios para melhor observação do <i>layout</i>	35
Figura 9	Viveiros de engorda para produção em diferentes estações do ano: (A) No verão (<i>catfish</i>); e (B) No inverno (truta arco-íris). Água subterrânea quente é utilizada na temporada de inverno para manter os viveiros livres de gelo.....	36
Figura 10	Tanques externos de um projeto aquícola, feitos de concreto.....	38
Figura 11	Tanques externos de um projeto aquícola, feitos de fibra de vidro.....	38
Figura 12	Projeto aquícola com tanques cobertos. Os tanques são feitos de plástico e a cobertura de metal.....	39
Figura 13	Tanques com diferentes <i>designs</i> e fabricados com diferentes materiais.....	40
Figura 14	Projeto de cultivo de tilápias capaz de operar durante todo o ano, devido à disponibilidade de água geotermal de alta qualidade em uma área conhecida por invernos extremamente frios, Idaho, EUA.....	41
Figura 15	<i>Raceways</i> externos para cultivo de truta arco-íris.....	42
Figura 16	<i>Raceways</i> que podem ser feitos de concreto armado ou blocos de cimento.....	43
Figura 17	<i>Raceways</i> feitos de concreto.....	43
Figura 18	Tanques fabricados com diferentes materiais: (A) Concreto; (B) Estrutura de lona e placas de madeira; (C) Fibra de vidro; (D) Aço inoxidável; e (E) Revestido com placas de aço.....	45
Figura 19	Gaiola típica para o cultivo de tilápias, Filipinas.....	46
Figura 20	Tanques-rede para cultivo comercial, Maine, EUA.....	47
Figura 21	Gaiola projetada para criação de salmão do Atlântico no mar, exposta ao oceano aberto e tem resistido a ondas de até 5-6 m, com alimentador automático na parte superior, Escócia.....	47
Figura 22	Projeto aquícola na ilha Svanoy, Noruega.....	48
Figura 23	Gaiolas hexagonais com estrutura de madeira atracadas ao lado de uma passarela.....	49
Figura 24	Fazenda que usa um projeto diferente de gaiolas flutuantes com seis lados. A flutuação é feita por seis boias de borracha fixadas por seis estacas de fibra de vidro que saem de uma placa de aço na parte de cima da gaiola, Noruega.....	49
Figura 25	Diferentes <i>designs</i> de estruturas.....	51
Figura 26	Diferentes tipos de gaiolas: (A) Gaiola de rotação (Alemanha); (B) Gaiola submersível (Escócia); (C) Gaiola flutuante (Filipinas); (D) Gaiola flexível (Irlanda); (E) Gaiola flexível (Bolívia); e (F) Gaiola rígida (Escócia).....	52
Figura 27	Diagrama mostrando os principais tipos de bombas.....	69
Figura 28	Esquema de filtro com rede estática.....	70
Figura 29	Características do tamanho do sólido na aquicultura.....	71
Figura 30	Sistema em que a tela estática é retrolavada para evitar bloqueio.....	72
Figura 31	Grandes filtros com areia que podem ser usados em diferentes sistemas: de fluxo contínuo e de recirculação, para remover os sólidos em suspensão da água.....	73
Figura 32	Filtro pressurizado possuindo sistema para retrolavagem: (A) Desenho esquemático de um filtro com areia; e (B) Filtro com areia em uso.....	74
Figura 33	Filtros com cartucho que podem ser usados para remover partículas muito finas presentes na água.....	75
Figura 34	Fracionador de espuma: (A) Desenho esquemático de fracionador de espuma tipo <i>air-lift</i> ; e (B) Fracionador de espuma em uso.....	77

Figura 35	Diferentes meios para fixação utilizados em biofiltros.....	79
Figura 36	Biofiltro preenchido com esferas de plástico utilizadas como meio de fixação.....	80
Figura 37	Diferentes modelos de biofiltro com meio fixado: (A) Filtro de escorrimento; (B) Filtro com meio submerso; e (C) Filtro com meio submerso em uso.....	81
Figura 38	Produção do gás ozônio quando o ar ou oxigênio flui através de um campo elétrico de alta voltagem.....	82
Figura 39	Sistema de produção de ozônio: (A) Gerador para produção do gás ozônio; e (B) Painel de controle de um gerador de ozônio.....	83
Figura 40	Modelo de gerador de ozônio.....	84
Figura 41	Diferentes comprimentos de onda da luz.....	85
Figura 42	Planta de UV pode ser construída com lâmpadas de UV colocadas no fluxo de água, que é o arranjo normal (A, B), ou acima do fluxo de água (C, D).....	87
Figura 43	Unidade de esterilização ultravioleta para grande volume.....	88
Figura 44	Modelo portátil de aerador de pá.....	89
Figura 45	Soprador de ar que fornece maiores volumes de ar com baixa pressão.....	90
Figura 46	Aeração em viveiros para cultivo de carpas, feito através de um sistema com canos perfurados alimentados com compressores, Israel.....	91
Figura 47	<i>Spray</i> superficial provocado por um aerador na água de cultivo de um viveiro.....	92
Figura 48	Diferentes tipos de aeradores utilizados: (A) Aerador de cascata; (B) Aerador com blocos de tubos formando uma rede plástica; (C) Importância de criar uma grande superfície entre a água e o ar para garantir a transferência do gás; (D) Aerador de pá; (E) Aerador de propulsão; e (F) Aerador de propulsão utilizado próximo a uma gaiola.....	93

PARTE II – LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE

CAPÍTULO I: AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DAS LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE LATREILLE, 1802, NO BRASIL: REVISÃO E CONSIDERAÇÕES

Figura 1	Vista geral do tanque de cultivo larval utilizado no sistema desenvolvido por Hughes, Shleser e Tchobanoglous (1974).....	114
Figura 2	Sistema de cultivo larval desenvolvido por Hughes, Shleser e Tchobanoglous (1974): (A) Bancada com vários tanques de cultivo de larvas; e (B) Tanque de cultivo, em funcionamento, mostrando as larvas e o alimentador automático.....	114
Figura 3	Desenho esquemático de sistema para cultivo de larvas de lagosta espinhosa, composto por um tanque de cultivo de microalgas e um tanque de cultivo de filosomas.....	115
Figura 4	Desenho esquemático de sistema para cultivo de larvas de lagosta espinhosa, composto por um tanque de cultivo de microalgas e dois tanques de cultivo de filosomas.....	116
Figura 5	Desenho esquemático de tanque com circulação constante utilizado no cultivo de filosomas da espécie <i>Jasus edwardsii</i>	117
Figura 6	Tanque com circulação constante utilizado no cultivo de filosomas da espécie <i>Panulirus japonicus</i>	118
Figura 7	Tanque hemisférico de acrílico utilizado no cultivo de filosomas da espécie <i>Panulirus japonicus</i>	119
Figura 8	O sistema de criação verticalmente rotativo (VRR System), para cultivo de filosomas de <i>Panulirus japonicus</i>	120
Figura 9	Tanque de cultivo para filosomas de <i>Panulirus japonicus</i> utilizado no aquário de Toba-Japão.....	120
Figura 10	Modelo de experimento realizado: (A) Tanques para engorda com altas densidades, até 43 indivíduos m ⁻² ; e (B) Detalhe dos juvenis de <i>Panulirus ornatos</i> cultivados e abrigos de coloração escura.....	123
Figura 11	Características do cultivo de lagostas realizado na província de Khanh Hoa, Vietnam: (A) Gaiolas flutuantes; (B) Gaiolas fixas, com estrutura de madeira; e (C) Peixes e crustáceos utilizados para alimentar as lagostas.....	125

Figura 12	Cultivo de lagostas na Indonésia: (A) Balsa com gaiolas suspensas; (B) Algas colocadas nas gaiolas de lagostas juvenis para fornecer abrigo; (C) Juvenis de <i>Panulirus homarus</i> ; e (D) Fêmea ovígera de <i>Panulirus homarus</i> , com 300 g;.....	127
Figura 13	Sistemas de recirculação para manutenção de reprodutores de espécies do gênero <i>Panulirus</i>	130
Figura 14	Bateria de sistemas de recirculação para o cultivo larval de lagostas do gênero <i>Panulirus</i> , em detalhe vista superior do tanque de cultivo de filosomas.....	131
CAPÍTULO II: LAYOUT DE LABORATÓRIO PARA PESQUISA, COM ÊNFASE, EM BIOTECNOLOGIA E AQUICULTURA MARINHA		
Figura 1	Vista superior do <i>layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha.....	146
Figura 2	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, a área de cultivo biosseguro; (B) <i>Layout</i> da área de cultivo biosseguro.....	147
Figura 3	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, a área de cultivo com bioensaio; (B) <i>Layout</i> da área de cultivo com bioensaio.....	149
Figura 4	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, a área de cultivo em sistemas sustentáveis; (B) <i>Layout</i> da área de cultivo em sistemas sustentáveis.....	154
Figura 5	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, área do sistema para recepção de animais e armazenamento de água; (B) <i>Layout</i> do sistema para recepção de animais e armazenamento de água.....	156
Figura 6	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, área de análise de água; (B) <i>Layout</i> da área de análise de água.....	157
Figura 7	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, área de armazenamento e preparação de materiais; (B) <i>Layout</i> da área de armazenamento e preparação de materiais.....	158
Figura 8	<i>Layout</i> do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: (A) <i>Layout</i> geral indicando, em vermelho, coordenação do laboratório; (B) <i>Layout</i> da coordenação do laboratório.....	160
CAPÍTULO III: TRANSPORTE DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO MACROALGAS E ANTIESTRESSANTE		
Figura 1	Detalhamento do percurso do transporte de <i>Panulirus argus</i> da praia de Aranaú, Acaraú-CE, ao BioAqua - UFPI, <i>Campus</i> de Parnaíba-PI.....	167
Figura 2	Recipiente de transporte: Esquerda - Ilustração do recipiente utilizado no transporte; Direita - Recipiente já instalado no veículo, pronto para o transporte....	169
Figura 3	Desinfecção com banho em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos.....	170
Figura 4	Sistema de recepção: Esquerda - Vista geral do sistema de recepção; e Direita - Vista interna do tanque, mostrando as lagostas.....	171
CAPÍTULO IV: CULTIVO INDIVIDUAL DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804), COM DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E ALIMENTO		
Figura 1	Equipamentos utilizados na biometria: (A) Balança com precisão de 0,01 g; e (B) Paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.....	189
Figura 2	Unidade de cultivo individual, com volume de 5 L: (A) Vista superior da unidade de cultivo individual; e (B) Detalhe do abrigo, conexão em PVC, com diâmetro de 40 mm em uma extremidade e 50 mm na outra.....	190
Figura 3	Mini-compressores eletromagnéticos com capacidade de 50 L min. ⁻¹	190
Figura 4	Equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água: (A) Sonda multiparâmetros; e (B) Fotômetro.....	192
Figura 5	Baterias de UCI's para cultivo individual, evidenciando o sistema de aeração e organização dos tratamentos realizados: Acima - Vista das três baterias com quatro estantes cada; e Abaixo - Vista geral de todo o sistema de cultivo individual.....	193

CAPITULO V: ENGORDA DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804), EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

Figura 1	Alimentação ministrada com pesagem individual para cada tanque.....	226
Figura 2	Lagosta com marcação na base da antena.....	227
Figura 3	Equipamentos utilizados na biometria: (A) Balança com precisão de 0,01 g; e (B) Paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.....	228
Figura 4	Tanques de cultivo utilizados com 15 abrigos em cada tanque.....	229
Figura 5	Tanque de bombas onde a água passa pela primeira filtração realizada com manta acrílica, possuindo duas bombas: (A) Vista geral do tanque de bombas; e (B) Detalhe da bomba.....	230
Figura 6	Filtros com areia e vazão de $2,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, cada.....	231
Figura 7	Filtros com cartucho microporo e vazão de $1,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, cada.....	232
Figura 8	Filtro biológico: (A) Detalhe da estrutura do filtro; e (B) Modelo de tampa de garrafa PET utilizado como meio para fixação das bactérias.....	233
Figura 9	Tanque de cultivo de macroalgas com capacidade de 1.000 L de água: (A) Vista externa; e (B) Vista interna.....	234
Figura 10	Sistema UV composto por dois ultravioletas de 18 watts, cada.....	235
Figura 11	Equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água: (A) Sonda multiparâmetros; e (B) Fotômetro.....	237

CAPITULO VI: CULTIVO DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE ABRIGOS, EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

Figura 1	Alimentação ministrada com pesagem individual para cada tanque.....	257
Figura 2	Lagostas com marcação na base da antena, com diferentes combinações de coloração.....	258
Figura 3	Equipamentos utilizados na biometria: (A) Balança com precisão de 0,01 g; e (B) Paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.....	259
Figura 4	Caminho da água no sistema de recirculação, iniciando no tanque de bombas: (A) Tanque de bombas; (B) Filtros com areia; (C) Filtros com cartucho; (D) <i>Skimmer</i> ; (E) Filtro biológico; (F) Tanque de macroalgas; (G) Sistema UV; e (H) Tanques de cultivo.....	261
Figura 5	Vista superior dos tanques de cultivo, mostrando os diferentes tipos de abrigos utilizados: (A) Abrigos conjugados, feitos com conexões de PVC; (B) Tijolos padrões com oito furos.....	263
Figura 6	Equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água: (A) Sonda multiparâmetros; e (B) Fotômetro.....	264

LISTA DE GRÁFICOS

Conteúdo	Página
PARTE I – INTRODUÇÃO GERAL	
Gráfico 1 Valores, em tonelada (t), dos maiores produtores mundiais de lagosta da família Palinuridae, através da pesca, em 2014.....	4
PARTE II – LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE	
CAPÍTULO III: TRANSPORTE DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO MACROALGAS E ANTIESTRESSANTE	
Gráfico 1 Dados comparativos dos valores médios de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH e salinidade (‰), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.....	175
Gráfico 2 Dados comparativos dos valores de peso médio das lagostas (g), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.....	176
Gráfico 3 Dados comparativos dos valores médios de biomassa de lagostas (g), biomassa de macroalgas (g) e biomassa total (g), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.....	177
Gráfico 4 Dados comparativos dos valores médios de mortos (n) e ecdises (n), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.....	178
CAPÍTULO IV: CULTIVO INDIVIDUAL DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804), COM DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E ALIMENTO	
Gráfico 1 Valores médios de temperatura (°C), salinidade (‰), condutividade (µS/cm), dureza total (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) e alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	196
Gráfico 2 Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, amônia total (mg L ⁻¹), nitrito (mg L ⁻¹) e fosfato (mg L ⁻¹), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	199
Gráfico 3 Valores médios de temperatura (°C), salinidade (‰), condutividade (µS/cm), dureza total (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) e alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	202
Gráfico 4 Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, amônia total (mg L ⁻¹), nitrito (mg L ⁻¹), fosfato (mg L ⁻¹), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	203
Gráfico 5 Valores médios de biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	205
Gráfico 6 Valores médios de comprimento total médio inicial e final (mm), taxa de crescimento (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo..	206
Gráfico 7 Valores médios de sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	207
Gráfico 8 Valores médios de biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	208
Gráfico 9 Valores médios de comprimento total médio inicial e final (mm) e taxa de crescimento (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo..	209
Gráfico 10 Valores médios de sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	210
Gráfico 11 Valores médios da composição centesimal de umidade (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e cinzas (%) e carboidrato (%), do músculo de juvenis de lagostas da espécie <i>Panulirus argus</i> , em sistema de cultivo individual, para análise comparativa dos tratamentos com manejo de alimentos, realizados no cultivo.....	214

CAPÍTULO V: ENGORDA DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804), EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

Gráfico 1	Valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S/cm}$), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), nos diferentes componentes do sistema de recirculação.....	240
Gráfico 2	Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}) e fosfato (mg L^{-1}), nos diferentes componentes do sistema de recirculação.....	242
Gráfico 3	Evolução dos valores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}) e nitrato (mg L^{-1}), nos tanques de cultivo, filtro biológico e tanque de cultivo de macroalgas.....	243
Gráfico 4	Valores médios, dos juvenis, de biomassa das lagostas (g), e comprimento total (mm), em cada biometria.....	245
Gráfico 5	Valores médios, dos juvenis, da proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento da cauda, em cada biometria.....	246
Gráfico 6	Valores médios, dos juvenis, da taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%), das biometrias 1 a 9.....	247
Gráfico 7	Evolução dos valores médios da sobrevivência (%), das biometrias 1 a 9.....	248

CAPÍTULO VI: CULTIVO DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE ABRIGOS, EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

Gráfico 1	Valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S/cm}$), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), no sistema de cultivo em que foram realizados os tratamentos.....	268
Gráfico 2	Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}) e fosfato (mg L^{-1}), no sistema de cultivo em que foram realizados os tratamentos.....	270
Gráfico 3	Valores médios, dos juvenis, de biomassa (g) e comprimento total (mm), das lagostas, em cada biometria (BMT), nos dois tratamentos realizados.....	272
Gráfico 4	Valores médios, dos juvenis, de proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento da cauda, em cada biometria (BMT), nos tratamentos I e II.....	273
Gráfico 5	Valores médios, dos juvenis, da taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%), das biometrias 1 a 9, nos dois tratamentos realizados.....	276
Gráfico 6	Evolução dos valores médios da sobrevivência (%), das biometrias 1 a 9, nos tratamentos I e II.....	277

LISTA DE TABELAS

	Conteúdo	Página
PARTE II – LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE		
CAPÍTULO III: TRANSPORTE DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO MACROALGAS E ANTIESTRESSANTE		
Tabela I	Tratamentos utilizados no experimento com as seguintes variáveis: controle, macroalgas+ácido ascórbico, somente macroalgas e somente ácido ascórbico.....	172
Tabela II	Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, biomassa total de lagostas (g), peso médio das lagostas (g), biomassa macroalgal (g), biomassa total (g), número de mortas (n) e número de ecdises (g), dados do transporte de lagostas do ambiente natural ao laboratório.....	179
CAPÍTULO IV: CULTIVO INDIVIDUAL DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804), COM DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E ALIMENTO		
Tabela I	Valores médios da composição centesimal (%) e desvio padrão dos alimentos fornecidos aos juvenis de lagostas da espécie <i>Panulirus argus</i> , em sistema de cultivo individual.....	188
Tabela II	Tratamentos utilizados no experimento variando-se o manejo da água e alimento ministrado.....	194
Tabela III	Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, salinidade (‰), condutividade (µS/cm), amônia total (mg L ⁻¹), nitrito (mg L ⁻¹), fosfato (mg L ⁻¹), dureza total (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) e alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	200
Tabela IV	Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, salinidade (‰), condutividade (µS/cm), amônia total (mg L ⁻¹), nitrito (mg L ⁻¹), fosfato (mg L ⁻¹), dureza total (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) e alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	204
Tabela V	Valores médios e desvio padrão da biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), comprimento total médio inicial e final (mm), taxa de crescimento (%) e sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	207
Tabela VI	Valores médios e desvio padrão da biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), comprimento total médio inicial e final (mm), taxa de crescimento (%) e sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.....	211
Tabela VII	Valores médios da composição centesimal de umidade (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%), cinzas (%) e carboidrato (%), do músculo de juvenis de lagostas da espécie <i>Panulirus argus</i> , em sistema de cultivo individual, para análise comparativa dos tratamentos com manejo de alimentos, realizados no cultivo.....	215
CAPÍTULO V: ENGORDA DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE <i>Panulirus argus</i> (LATREILLE, 1804), EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO		
Tabela I	Alimento ministrado com pesagem em separado para cada tanque de cultivo de lagostas.....	226
Tabela II	Valores médios e desvio padrão de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, salinidade (‰), condutividade (µS/cm), amônia total (mg L ⁻¹), nitrito (mg L ⁻¹), nitrato (mg L ⁻¹), fosfato (mg L ⁻¹), dureza total (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) e alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃), nos tanques de cultivo, tanque de bombas, filtro biológico, tanque de cultivo de macroalgas e tanque do sistema ultravioleta (UV).....	244

Tabela III	Valores médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à biomassa (g), comprimento total (mm), do cefalotórax (mm) e da cauda* (mm) e proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento total, do comprimento da cauda em relação ao total e do cefalotórax em relação ao da cauda, em cada biometria (BMT).....	246
Tabela IV	Dados médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%) e sobrevivência (%), das biometrias (BMT) 1 a 9.....	249

CAPÍTULO VI: CULTIVO DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE ABRIGOS, EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

Tabela I	Alimento ministrado com pesagem em separado para cada tanque de cultivo de lagostas.....	257
Tabela II	Tratamentos utilizados no experimento variando-se o tipo de abrigo.....	265
Tabela III	Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹), pH, salinidade (‰), condutividade (µS/cm), amônia total (mg L ⁻¹), nitrito (mg L ⁻¹), nitrato (mg L ⁻¹), fosfato (mg L ⁻¹), dureza total (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) e alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃), no sistema de cultivo em que foram realizados os tratamentos.....	271
Tabela IV	Valores médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à biomassa (g), comprimento total (mm), do cefalotórax (mm) e da cauda* (mm), e proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento total, do comprimento da cauda em relação ao total e do comprimento do cefalotórax em relação ao da cauda, em cada biometria (BMT), nos dois tratamentos realizados.....	274
Tabela V	Dados médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%) e sobrevivência (%), das biometrias (BMT) 1 a 9, nos dois tratamentos realizados.....	278

LISTA DE QUADROS

	Conteúdo	Página
PARTE I – INTRODUÇÃO GERAL		
Quadro I	Classificação das bombas, principalmente, para suprimento de água do mar.....	67

SUMÁRIO

Conteúdo	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
ESBOÇO DA TESE.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE GRÁFICOS.....	xviii
LISTA DE TABELAS.....	xx
LISTA DE QUADROS.....	xxii
PARTE I – INTRODUÇÃO GERAL	
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 Espécies de lagosta, da família Palinuridae, que ocorrem na costa brasileira.....	6
2.1.1 Gênero <i>Justitia</i> Holthuis, 1946.....	6
2.1.1.1 <i>Justitia longimana</i> (H. Milne-Edwards, 1837).....	6
A) Morfologia.....	6
B) Coloração.....	6
C) Habitat natural.....	6
D) Comprimento máximo total.....	6
E) Distribuição geográfica.....	7
F) Captura, processamento e importância comercial.....	7
2.1.2 Gênero <i>Palinustus</i> A. Milne-Edwards, 1880.....	7
2.1.2.1 <i>Palinustus truncatus</i> A. Milne-Edwards, 1880.....	7
A) Morfologia.....	7
B) Coloração.....	7
C) Habitat natural.....	7
D) Comprimento máximo total.....	8
E) Distribuição geográfica.....	8
F) Captura, processamento e importância comercial.....	8
2.1.3 Gênero <i>Panulirus</i> White, 1847.....	8
2.1.3.1 <i>Panulirus argus</i> (Latreille, 1804).....	8
A) Morfologia.....	8
B) Coloração.....	8
C) Habitat natural.....	9
D) Comprimento máximo total.....	9
E) Distribuição geográfica.....	9
F) Captura, processamento e importância comercial.....	9
2.1.3.2 <i>Panulirus laevicauda</i> (Latreille, 1817).....	10
A) Morfologia.....	10
B) Coloração.....	10
C) Habitat natural.....	11
D) Comprimento máximo total.....	11
E) Distribuição geográfica.....	11
F) Captura, processamento e importância comercial.....	11
2.1.3.3 <i>Panulirus echinatus</i> Smith, 1869.....	12
A) Morfologia.....	12
B) Coloração.....	12
C) Habitat natural.....	12
D) Comprimento máximo total.....	12
E) Distribuição geográfica.....	13
F) Captura, processamento e importância comercial.....	13
2.2 Ciclo de vida.....	14
2.3 Pesca: gestão e sustentabilidade.....	22
2.4 Aquicultura.....	25
2.4.1 Aspectos gerais.....	25
2.4.2 Alimentação.....	28

2.4.3	Estruturas de cultivo utilizadas na aquicultura.....	31
2.4.3.1	Viveiros.....	31
2.4.3.2	Tanques.....	37
2.4.3.3	Gaiolas e tanques-rede.....	46
2.4.4	Variáveis físicas e químicas da água de cultivo.....	53
2.4.4.1	Temperatura.....	53
2.4.4.2	Oxigênio dissolvido – O ₂ D.....	54
2.4.4.3	Amônia total – NH ₃ + NH ₄ ⁺	55
2.4.4.4	Nitrito – NO ₂ ⁻	57
2.4.4.5	Nitrato – NO ₃ ⁻	58
2.4.4.6	pH.....	59
2.4.4.7	Alcalinidade.....	60
2.4.4.8	Dureza total.....	62
2.4.4.9	Salinidade.....	63
2.4.4.10	Condutividade elétrica.....	64
2.4.4.11	Fostato – PO ₄ ³⁻	65
2.4.5	Componentes dos sistemas aquícolas – Recirculação.....	66
2.4.5.1	Bombas.....	66
2.4.5.2	Filtros para remoção de partículas – Filtros mecânicos.....	70
2.4.5.3	Fracionador de espuma – <i>Skimmer</i>	75
2.4.5.4	Filtro biológico.....	78
2.4.5.5	Estruturas para desinfecção.....	81
A)	OZÔNIO – O ₃	81
B)	Ultravioleta – UV.....	85
2.4.5.6	Aeração e oxigenação.....	88
	REFERÊNCIAS.....	94

PARTE II – LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE

CAPÍTULO I: AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DAS LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE LATREILLE, 1802, NO BRASIL: REVISÃO E CONSIDERAÇÕES

1	INTRODUÇÃO.....	105
2	AQUICULTURA.....	107
3	SUSTENTABILIDADE E AQUICULTURA.....	110
4	AQUICULTURA DE LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE NO MUNDO.....	113
4.1	Cultivo da fase larval – Filosomas.....	113
4.2	Cultivo da fase de engorda.....	121
5	AQUICULTURA DE LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE NO BRASIL.....	129
6	DENOMINAÇÃO DA ATIVIDADE CULTIVO DE LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE NO BRASIL.....	133
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
	REFERÊNCIAS.....	135

CAPÍTULO II: LAYOUT DE LABORATÓRIO PARA PESQUISA, COM ÊNFASE, EM BIOTECNOLOGIA E AQUICULTURA MARINHA

1	INTRODUÇÃO.....	140
2	METODOLOGIA.....	142
2.1	Planejamento da área disponível.....	142
2.1.1	Área de experimentação.....	142
2.1.1.1	Cultivo biosseguro.....	142
2.1.1.2	Cultivo com bioensaio individual.....	143
2.1.1.3	Cultivo em sistemas sustentáveis.....	143
2.1.1.4	Sistema para recepção de animais e armazenamento de água.....	143
2.1.2	Área de análise de água.....	144
2.1.3	Área de armazenamento e preparação de materiais.....	144
2.1.4	Coordenação do laboratório.....	144
2.1.5	Estruturas para delineamento experimental.....	144

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	145
3.1	Área de experimentação	145
3.1.1	Cultivo biosseguro	147
3.1.2	Cultivo com bioensaio – Cultivos individuais	148
3.1.3	Cultivo em sistemas sustentáveis	150
3.1.4	Sistema para recepção de animais e armazenamento de água	155
3.2	Área de análise de água	157
3.3	Área de armazenamento e preparação de materiais	158
3.4	Coordenação do laboratório	159
4	CONCLUSÕES	161
	REFERÊNCIAS	162

CAPÍTULO III: TRANSPORTE DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO MACROALGAS E ANTIESTRESSANTE

1	INTRODUÇÃO	165
2	METODOLOGIA	167
2.1	Área de estudo	167
2.2	Captura dos juvenis de lagostas	168
2.3	Preparação para o transporte	168
2.4	Unidades de transporte	168
2.5	Variáveis ambientais	169
2.6	Chegada à unidade de cultivo	169
2.7	Biometria	170
2.8	Aclimação e desinfecção	170
2.9	24 h após o transporte	171
2.10	Delineamento experimental	171
2.11	Análise estatística	172
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	173
4	CONCLUSÕES	180
	REFERÊNCIAS	181

CAPÍTULO IV: CULTIVO INDIVIDUAL DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804), COM DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E ALIMENTO

1	INTRODUÇÃO	184
2	METODOLOGIA	186
2.1	Delimitação e caracterização da área de estudo	186
2.2	Aclimação e desinfecção	186
2.3	Fase de adaptação	186
2.4	Caracterização do experimento	186
2.5	Alimento e alimentação	187
2.5.1	Análise da composição centesimal dos alimentos	187
2.6	Controle biométrico	188
2.7	Estrutura de cultivo	189
2.8	Manutenção do sistema	191
2.9	Variáveis ambientais	191
2.10	Delineamento experimental	192
2.11	Análise estatística	194
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	195
3.1	Variáveis físicas e químicas da água de cultivo	195
3.1.1	Manejo da água	195
3.1.2	Manejo do alimento	201
3.2	Desempenho zootécnico	205
3.2.1	Manejo da água	205
3.2.2	Manejo do alimento	208
3.3	Análise da composição química dos organismos cultivados	212
4	CONCLUSÕES	216
	REFERÊNCIAS	218

**CAPÍTULO V: ENGORDA DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804)
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO**

1	INTRODUÇÃO.....	221
2	METODOLOGIA.....	224
2.1	Delimitação e caracterização da área de estudo.....	224
2.2	Aclimação e desinfecção.....	224
2.3	Fase de adaptação.....	224
2.4	Caracterização do experimento.....	224
2.5	Alimento e alimentação.....	225
2.6	Controle biométrico.....	227
2.7	Sistema de cultivo.....	228
2.7.1	Descrição do sistema.....	228
2.7.2	Componentes do sistema.....	229
2.7.2.1	Tanques de cultivo.....	229
2.7.2.2	Tanque de bombas.....	230
2.7.2.3	Filtros com elemento filtrante areia.....	231
2.7.2.4	Filtros com cartucho microporo.....	232
2.7.2.5	Fracionador de espuma – <i>Skimmer</i>	232
2.7.2.6	Filtro biológico.....	233
2.7.2.7	Tanque de cultivo de macroalgas.....	234
2.7.2.8	Sistema ultravioleta.....	235
2.7.2.9	Sistema de aeração.....	235
2.7.3	Manutenção do sistema.....	236
2.7.4	Variáveis ambientais.....	236
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	238
3.1	Variáveis físicas e químicas da água do sistema de recirculação.....	238
3.2	Desempenho zootécnico.....	245
4	CONCLUSÕES.....	250
	REFERÊNCIAS.....	251

**CAPÍTULO VI: CULTIVO DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *Panulirus argus* (LATREILLE, 1804)
UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE ABRIGOS, EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO**

1	INTRODUÇÃO.....	253
2	METODOLOGIA.....	255
2.1	Delimitação e caracterização da área de estudo.....	255
2.2	Aclimação e desinfecção.....	255
2.3	Fase de adaptação.....	255
2.4	Caracterização do experimento.....	255
2.5	Alimento e alimentação.....	256
2.6	Controle biométrico.....	258
2.7	Sistema de cultivo.....	259
2.7.1	Sistema de bombeamento.....	259
2.7.2	Sistema de filtragem.....	259
2.7.3	Sistema de aeração.....	262
2.8	Composição dos abrigos.....	262
2.9	Manutenção do sistema.....	263
2.10	Variáveis ambientais.....	263
2.11	Delineamento experimental.....	265
2.12	Análise estatística.....	265
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	266
3.1	Variáveis físicas e químicas da água de cultivo.....	266
3.2	Desempenho zootécnico.....	271
4	CONCLUSÕES.....	279
	REFERÊNCIAS.....	280

PARTE III – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1	CONSIDERAÇÕES.....	282
---	--------------------	-----

PARTE I – INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

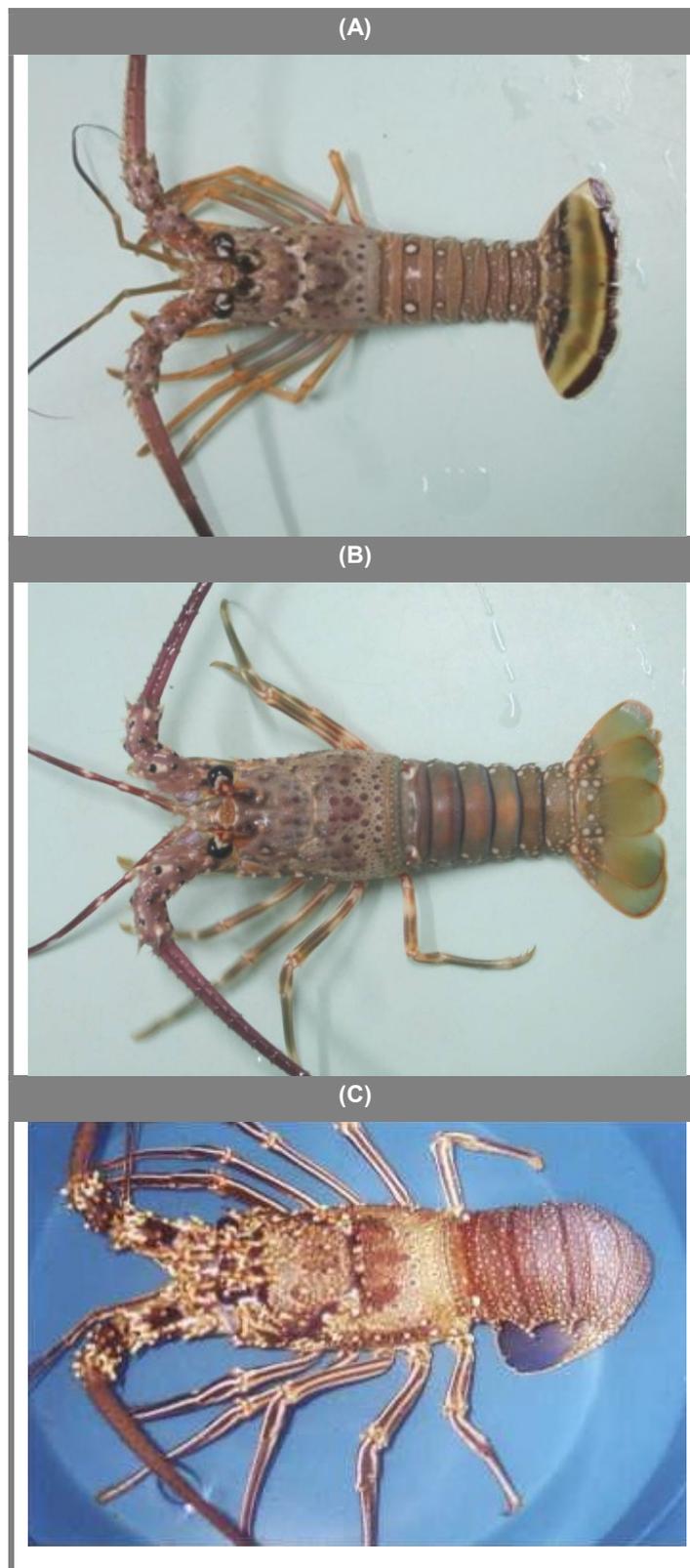
As lagostas pertencem à ordem Decapoda e estão presentes em quatro famílias: Nephropidae, Scyllaridae, Synaxiidae e Palinuridae, constituídas por mais de 100 espécies (LIPCIUS; EGGLESTON, 2000; WoRMS, 2016). As espécies de relevante importância comercial que ocorrem no Brasil são pertencentes à Palinuridae (FONTELES FILHO, 2000).

A família Palinuridae consiste de crustáceos que vivem em mares de clima tropical e temperado, possuindo mais de 47 espécies, 33 das quais são capturadas comercialmente. Há três gêneros de lagostas espinhosas de maior importância econômica no mundo: *Panulirus* (White, 1847), *Palinurus* (Weber, 1795) e *Jasus* (Parker, 1883) (LIPCIUS; EGGLESTON, 2000), mas apenas o gênero *Panulirus* está presente no Brasil (FONTELES-FILHO, 2000).

As espécies de lagostas do gênero *Panulirus* capturadas ao longo da costa brasileira, principalmente na costa do Norte e Nordeste do Brasil, em ordem de importância pesqueira decrescente (Figura 1): lagosta-vermelha – *Panulirus argus* (Latreille, 1804), lagosta-verde – *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) e lagosta-pintada – *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (PAIVA, 1997; FONTELES-FILHO, 2000).

As causas das quedas e oscilações na produção de lagostas espinhosas dos países produtores são, principalmente, a superexploração dos estoques em virtude do manejo destes ser feito de forma não sustentável. A exploração sustentável da lagosta requer grande atenção, já que se trata de um recurso de alto valor comercial e com a oferta menor que a demanda em muitas regiões/ mercados (PHILLIPS; MELVILLE-SMITH, 2006).

Figura 1 - Espécies de lagosta do gênero *Panulirus* que ocorrem na costa do Brasil: **(A)** *P. argus*; **(B)** *P. laevicauda*; e **(C)** *P. echinatus*.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

A captura da lagosta ao longo da zona costeira do nordeste brasileiro começou em meados dos anos 1950, com a compra da produção artesanal, para processamento industrial e exportação, principalmente de caudas congeladas (PAIVA, 1997; PHILLIPS; MELVILLE-SMITH, 2006; PHILLIPS et al., 2013). Confirmada a viabilidade econômica da atividade, houve grande demanda pela aquisição da produção artesanal, resultando no aumento do preço das lagostas. Por outro lado, o volume das capturas artesanais logo se mostrou insuficiente para demanda do mercado consumidor. Estes aspectos levaram ao início das pescarias industriais, com introdução de barcos motorizados, maior duração das viagens e exploração de pesqueiros mais distantes das bases e/ ou situados em fundos costeiros com profundidades maiores (PAIVA, 1997).

As características do ambiente natural também influem na exploração deste recurso. Na região nordeste, a plataforma continental tem largura variável, com notável homogeneidade do perfil em toda a sua extensão. Em profundidades de até 50 m, a superfície é bastante plana, com uma ruptura acentuada do declive entre 60-100 m, característica que explica a concentração do esforço de pesca com covos, para a captura das lagostas, numa área relativamente estreita, o que também facilita práticas atualmente ilegais como uso das redes de emalhar (caçoeiras) e a coleta manual por mergulho. A distribuição espacial das capturas de lagostas reflete tanto a relação bioecológica dos indivíduos com o substrato, como a variabilidade interespecífica: a lagosta vermelha, de maior porte, tem distribuição mais ampla, vivendo em fundos de maior profundidade; a lagosta-verde, de menor porte, vive em áreas mais próximas a linha de costa e menos profundas (PAIVA, 1997).

A exploração de recursos pesqueiros na costa nordestina, como em outras regiões do Brasil e do mundo, deu-se de forma desordenada e, atualmente, encontra-se em fase de sobre exploração, com sequelas socioeconômicas e ambientais marcantes. Este fato se acentua na atividade lagosteira.

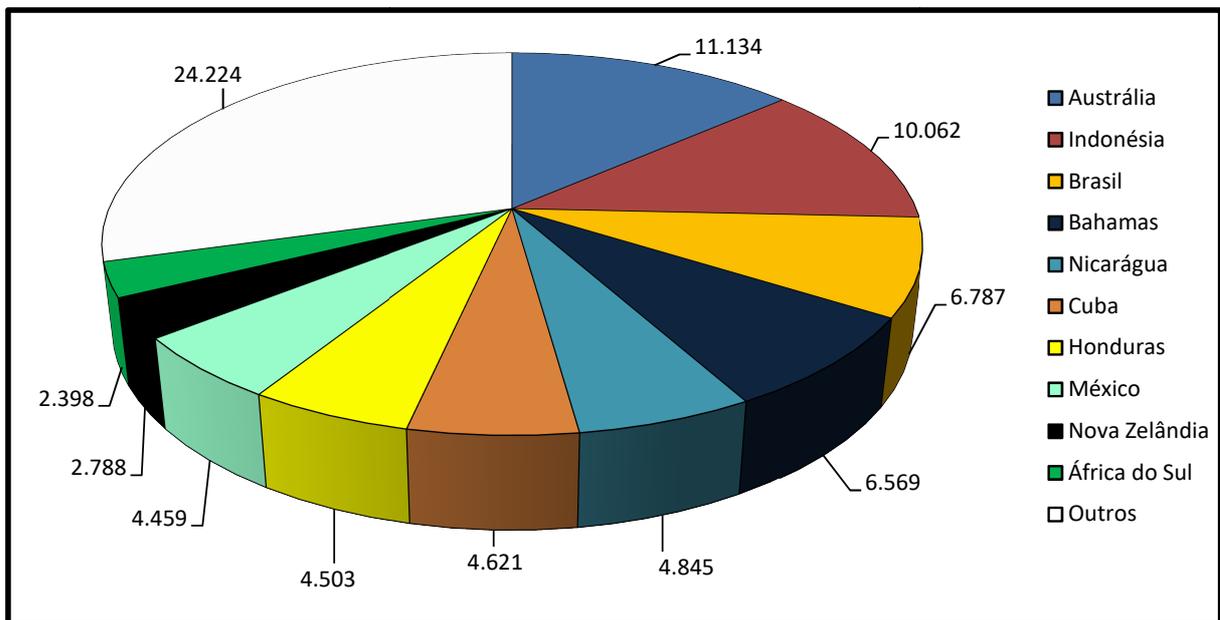
As exportações de lagosta beneficiadas pela indústria vêm apresentando acentuado declínio nos últimos anos. Com a intensificação do esforço de pesca, o aumento da pesca predatória e a redução da produtividade individual das pescarias. A indústria lagosteira passa por uma grave crise de sustentabilidade, com inúmeros conflitos e consequências sobre o próprio recurso natural, os empreendimentos financeiros e as pessoas que dependem direta e indiretamente da atividade.

Além do defeso, foi tomada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, uma série de medidas contra a pesca predatória e sobrepesca, tais como a proibição da captura de juvenis e utilização da caçoeira, o

estabelecimento do tamanho mínimo da malha do covo e a redução do número de embarcações. Tais medidas se fazem necessárias para aliviar a pressão sobre os estoques. Já que nos anos 1980, apenas 1.538 embarcações entre barcos industriais, motorizados e a vela participavam da captura, já em 2006 o número de barcos aumentou para 4.383, um incremento de 185%, apesar da grande maioria não ser motorizada (BRASIL, 2008).

O Brasil esteve sempre entre os maiores produtores mundiais de lagostas espinhosas. Em 1991, alcançou a sua maior produção, com 11.059 t, o que equivalia a 14,3% da produção mundial, alcançando o segundo lugar entre os principais produtores. Nos dados publicados pela FAO em 2016 relativos ao exercício de 2014, no entanto, a produção alcançada pelo Brasil foi de 6.787 t, apresentando um decréscimo de 37,1% de sua produção mais elevada, representando aproximadamente 8,2% da produção mundial, que foi de 82.390 t. Atualmente, o Brasil ocupa a terceira posição, atrás de Austrália que produziu 11.134 t e Indonésia com 10.062 t (Gráfico 1) (FAO, 2016a).

Gráfico 1 - Valores, em tonelada (t), dos maiores produtores mundiais de lagosta da família Palinuridae, através da pesca, em 2014.



Fonte: FAO, 2016a.

O governo brasileiro gastou mais de 100 milhões de reais com seguro - desemprego no período de 1995-2005 (BRASIL, 2008). Enquanto isso pergunta-se: Quanto foi gasto com pesquisas, com enfoque neste recurso, no mesmo período? Países

como Austrália, Nova Zelândia, Índia, Vietnã, Cuba, Cingapura, África do Sul, Bahamas, Malásia, México, Ilhas Turks e Caicos, Namíbia, Filipinas, EUA, Indonésia, Ilhas Virgens Britânicas Ilhas e Nova Caledônia, desenvolvem pesquisas para ampliar ou iniciar o cultivo em cativeiro (PHILLIPS et. al., 2013) e Vietnã, Indonésia, Singapura e Filipinas, já produzem comercialmente, de forma ainda tímida, lagostas da família Palinuridae em cativeiro (FAO, 2016b).

Diante disso, vê-se a necessidade de intensificar os estudos sobre a bioecologia das espécies de lagosta espinhosa que ocorrem na zona costeira, realizando a reprodução, larvicultura e engorda em cativeiro, para a domesticação destas espécies, tornando viável sua criação, para comercialização e/ ou repovoamento. Atualmente, as técnicas de reprodução, larvicultura e engorda de lagostas da família Palinuridae em cativeiro têm apresentado grandes avanços no mundo inteiro, nas últimas décadas, e a viabilidade econômica da produção é uma realidade cada vez mais próxima (KITAKA, 1988; KITAKA, 1994a, b; KITAKA, 1997; BOOTH; KITAKA, 2000; SEKINE et al., 2000; MATSUDA; YAMAKAWA, 2000; RITAR, 2001; MATSUDA; TAKENOUCI, 2005 e 2007; MATSUDA; TAKENOUCI; GOLDSTEIN, 2006; MURAKAMI; JINBO; HAMASAKI, 2007; JONES; GOLDSTEIN et al., 2008; SHANKS, 2009; HUNG; TUAN, 2009; SARIFIN, 2009; JEFFS, 2010; JONES, 2010; RADHAKRISHNAN, 2012; JEFFS; GARDNER; COCKCROFT, 2013; PHILLIPS et. al., 2013).

Estes estudos no Brasil são de a grande importância, já que além de sermos um dos maiores produtores do mundo, através da pesca, há milhares de pessoas que vivem direta e indiretamente da exploração deste recurso. O objetivo deste trabalho foi propor a aquicultura como ferramenta para sustentabilidade e preservação da lagosta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESPÉCIES DE LAGOSTA, DA FAMÍLIA PALINURIDAE, QUE OCORREM NA COSTA BRASILEIRA

2.1.1 GÊNERO *JUSTITIA* HOLTHUIS, 1946

2.1.1.1 *JUSTITIA LONGIMANA* (H. MILNE-EDWARDS, 1837)

A) MORFOLOGIA

Carapaça arredondada dorsalmente, coberta com espinhos, incluindo um par de espinhos rostrais muito desenvolvidos sobre os olhos, e ornamentada como se tivesse escamas esculpidas. O espinho mediano está presente, mas não há um rostro distinto na margem frontal da carapaça. Antenas compridas e rígidas. Antênlulas delgadas, com os flagelos mais curtos que o pedúnculo antenular. Bases das antenas separadas por uma placa antenular desprovida de espinhos. Cauda reforçada com télson e urópodos bem desenvolvidos; cada segmento abdominal com 4 ou 5 sulcos transversos distintos. O 1º par de pereiópodos é bastante desenvolvido nos machos e termina em pinças falsas (CAMPOS, 1995).

B) COLORAÇÃO

Corpo de coloração vermelho - tijolo, com pontos e faixas amarelas; 1º par de pereiópodos distintamente listrado de vermelho (CAMPOS, 1995).

C) HABITAT NATURAL

Seus hábitos são muito pouco conhecidos, habitando, aparentemente, os paredões externos dos recifes de coral em profundidades superiores a 300 m, sendo mais frequentemente encontrada entre 50 e 100 m. Em certas áreas de ressurgência, próximo à Ilha Margarita (Venezuela), foi encontrada em profundidades de 1 m (CAMPOS, 1995).

D) COMPRIMENTO MÁXIMO TOTAL

Pode alcançar em torno de 15 cm (CAMPOS, 1995).

E) DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Bermudas, desde o extremo Sul da Flórida (EUA) através das Antilhas até a Venezuela (CAMPOS, 1995) e Brasil (costa do Espírito Santo e bancos oceânicos ao longo do Espírito Santo) (FAUSTO FILHO, 1977).

F) CAPTURA, PROCESSAMENTO E IMPORTÂNCIA COMERCIAL

Não existem pescarias direcionadas para esta espécie, evidentemente devido à sua raridade nos pesqueiros tradicionais. Na região do Caribe é acidentalmente capturada em operações de pesca em áreas profundas, com armadilhas colocadas próximas a recifes. Ocasionalmente, capturada nos bancos oceânicos do Estado do Espírito Santo (Brasil) (CAMPOS, 1995).

2.1.2 GÊNERO *PALINUSTUS* A. MILNE-EDWARDS, 1880

2.1.2.2 *PALINUSTUS TRUNCATUS* A. MILNE-EDWARDS, 1880

A) MORFOLOGIA

Possui a carapaça arredondada dorsalmente e coberta com numerosos espinhos e nódulos de vários tamanhos, incluindo um par de espinhos rostrais, sobre os olhos, muito desenvolvidos, largos e não afiados nas extremidades. Há um ou mais espinhos na margem frontal da carapaça, porém desprovido de um rostro mediano distinto. Antenas compridas e rígidas, antênulas delgadas com flagelos muito mais curtos do que os pedúnculos antenulares. Bases das antenas separadas por uma ampla placa antenular desprovida de espinhos. Cauda reforçada com télson e urópodos bem desenvolvidos. Cada segmento abdominal possui um sulco transversal interrompido na linha mediana. Os pereiópodos desprovidos de pinças (FAUSTO FILHO, 1977).

B) COLORAÇÃO

Corpo marrom - claro, coloração quase creme, com pontos marrom - avermelhados, que não seguem nenhum padrão definido. Pereiópodos cor creme com faixas marrom - avermelhadas (FAUSTO FILHO, 1977).

C) HABITAT NATURAL

É encontrada em profundidades de 100 a >1.000 m. Seus hábitos são, praticamente, desconhecidos. O primeiro registro de *P. truncatus*, para o Brasil, foi

através de um espécime capturado no trato digestivo do pargo (*Lutjanus purpureus*) (FAUSTO FILHO, 1977).

D) COMPRIMENTO MÁXIMO TOTAL

Atinge em torno de 10 cm (FAUSTO FILHO, 1977).

E) DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Atlântico ocidental: Venezuela (região de Carriacou) e Brasil (costa do Estado do Pará) (FAUSTO FILHO, 1977). Já Silvia et al. (2003) incluíram as regiões das Antilhas e do Suriname a Foz do Rio Amazonas.

F) CAPTURA, PROCESSAMENTO E IMPORTÂNCIA COMERCIAL

Espécie raramente capturada (CAMPOS, 1995).

2.1.3 GÊNERO *PANULIRUS* WHITE, 1847

2.1.3.1 *PANULIRUS ARGUS* (LATREILLE, 1804)

A) MORFOLOGIA

A espécie *P. argus* possui a carapaça pouco espinhosa. Os espinhos rostrais são longos, fortes e curvos para frente. O anel antenular possui 4 espinhos; os 2 distais são ligeiramente maiores que os 2 proximais. O primeiro, segundo e terceiro par de maxilípedes possuem o palpo bem desenvolvido. O palpo do 3º maxilípede atinge, com a sua extremidade, um pouco além da metade do mero. Os pereiópodos são delgados; o primeiro par é menor que o segundo e este é maior que os demais. Os segmentos abdominais possuem os sulcos transversais interrompidos; estes sulcos não se unem aos sucus anteriores das pleuras (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

B) COLORAÇÃO

Esta espécie é bastante variável na sua tonalidade geral. A cor da carapaça é amarelo - queimada. A porção posterior do sulco cervical apresenta uma grande mancha vermelho - arroxeadada. Os espinhos da carapaça têm suas bases escuras, quase pretas. O abdômen apresenta uma coloração amarelo - amarronzada. O 1º segmento é marrom - claro, com 3 manchas rosadas, sendo 1 central e 2 laterais; a porção anterior destas manchas é mais escura. O 2º segmento tem a margem posterior escura, quase preta, e 4

grandes manchas amarelas. O 3º segmento possui a porção anterior marrom - escura, com pequenas manchas amarelas. O 4º segmento apresenta várias manchas amarelas na porção anterior, sendo que as duas centrais são menores. O 5º segmento é de cor amarelada e marrom - escura. O 6º segmento é quase totalmente amarelado. O télson e urópodos apresentam, proximalmente, um tom de cor amarelo - queimado. As suas porções central e distal possuem 5 faixas transversais coloridas como segue: a primeira é estreita e roxo - escura; a segunda é bastante larga de cor verde - clara; a terceira, a mais larga, é de cor verde - oliva; a quarta é verde; a quinta, que coincide com o bordo posterior do segmento, é marrom - escura, quase preta (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

C) HABITAT NATURAL

Está espécie é facilmente identificável e bastante abundante ao longo de toda a zona costeira do nordeste brasileiro, habitando principalmente os fundos de algas calcárias da plataforma continental em recifes, formações rochosas ou qualquer ambiente que forneça abrigo. Apesar de ser uma espécie de águas rasas, pode ser encontrada a 91 m de profundidade. Possui hábitos noturnos e gregários, apresentando um curioso comportamento de migração em fila (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

D) COMPRIMENTO MÁXIMO TOTAL

Já foram encontrados espécimes com 45 cm. Adultos com 41 cm possuem aproximadamente 16 anos de idade (CAMPOS, 1995).

E) DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Bermudas, costa leste dos EUA desde a Carolina do Norte até o Brasil (FAUSTO FILHO, 1966; FAUSTO FILHO; COSTA, 1969). No Brasil, sua distribuição vai da zona costeira do Estado do Maranhão ao Espírito Santo (CAMPOS, 1995).

F) CAPTURA, PROCESSAMENTO E IMPORTÂNCIA COMERCIAL

Crustáceo da ordem Decapoda de maior valor comercial para o Nordeste brasileiro, com sua exploração em nível industrial iniciando-se a partir de 1959 no Estado do Ceará, aumentando bruscamente desde então. A má administração deste recurso por parte de órgãos governamentais e empresários lagosteiros, gerou uma situação de sobrepesca, caracterizada por um aumento na captura por unidade de esforço (CPUE). A diminuição dos desembarques totais e redução do tamanho médio de captura, levou os órgãos regulamentadores a adotarem medidas paliativas, como o defeso (paralisando,

anualmente, as capturas no período de janeiro a abril) e o tamanho mínimo de captura que é de 13 cm de cauda. Capturada, principalmente, em profundidades entre 15 e 50 m com armadilhas iscadas (manzuás e covos). É também capturada ilegalmente por mergulhadores com auxílio de compressores. Com a redução dos estoques, as capturas estão sendo realizadas cada vez mais distantes da linha de costa (CAMPOS, 1995). O quadro que se desenhava em 1995 continuou se agravando e, atualmente, os estoques estão ainda mais reduzidos. Para agravar mais ainda a situação, o IBAMA liberou a pesca da lagosta com caçoeira e a captura de fêmeas ovígeras. Apesar disso, a lagosta continua sendo um importante recurso pesqueiro, devido ao seu alto valor comercial (Abrunhosa, não publicado).

Praticamente toda a produção é exportada em forma de caudas congeladas, eventualmente, processando-se lagostas inteiras cozidas, podendo ser também despachadas vivas para os mercados mais exigentes (CAMPOS, 1995). Com a redução da produção e a valorização do produto, a carne do cefalotórax está sendo retirada para ser comercializada, o que não acontecia quando os estoques eram abundantes e a lagosta era descabeçada durante a pescaria e o cefalotórax jogado ao mar.

2.1.3.2 PANULIRUS LAEVICAUDA (LATREILLE, 1817)

A) MORFOLOGIA

A espécie *P. laevicauda* é facilmente identificável, devido a sua coloração, e ausência de sulcos transversais no abdômen. A carapaça é revestida de espinhos, com pêlos localizados entre o sulco cervical e o bordo posterior. O anel antenular possui 4 espinhos; os 2 distais são ligeiramente maiores do que os proximais. O 1º e 2º pares de maxilípedes possuem palpos bem desenvolvidos; o terceiro é desprovido de palpos. Os pereiópodos são delgados; o primeiro par é menor do que o segundo, e estes, menores que o terceiro. Os segmentos abdominais são lisos, desprovidos de sulcos transversais (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

B) COLORAÇÃO

A coloração da carapaça é verde - escura ou verde - azulada. Os espinhos localizados atrás do sulco cervical são marrom - arroxeados e os da parte lateral são mais claros. A metade inferior e lateral da carapaça é margeada, superiormente, por uma lista amarelo - clara; abaixo desta existe outra, mais longa, de cor amarelo - escura. Os flagelos antenulares são marrom - escuros, com pedúnculos amarelos, ventralmente, e

marrom - escuros, dorsalmente. Os pedúnculos das antenas são arroxeados e os espinhos apresentam bases pretas e extremidades verde - claras (os distais têm bases mais claras). Os pereiópodos apresentam listas marrom - escuras e amarelo - queimadas no mero e carpo; enquanto que o pleópodo as têm verdes e amarelas, dorsalmente. O abdômen é verde - escuro ou verde - arroxeado. Geralmente, o 3º e 4º segmentos são mais claros do que os demais, apresentando uma coloração dorsal amarelo - esverdeada. Nas partes laterais do abdômen existem pequenas manchas claras (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

C) HABITAT NATURAL

A espécie habita o mesmo tipo de fundo em que vive *P. argus*, exigindo apenas águas mais rasas (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

D) COMPRIMENTO MÁXIMO TOTAL

Já foram encontrados espécimes com 37 cm (CAMPOS, 1995).

E) DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Bermudas, Flórida, Cuba, Jamaica, Curaçao, Suriname, Guiana Francesa e Brasil (até a costa do estado de São Paulo) (FAUSTO FILHO, 1966; FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

F) CAPTURA, PROCESSAMENTO E IMPORTÂNCIA COMERCIAL

Juntamente com *P. argus*, perfaz quase a totalidade das capturas no Nordeste brasileiro. Capturada nas mesmas profundidades e da mesma forma que *P. argus*. Os estoques sofreram os mesmos problemas que a espécie citada anteriormente, sendo tomadas também as mesmas medidas reguladoras com a diferença que o tamanho mínimo da cauda para ser capturada é de 11 cm. Apesar de menos abundante no continente, correspondendo a 20% das capturas, é mais abundante que *P. argus* no Arquipélago de Fernando de Noronha (CAMPOS, 1995).

Como ocorre com a espécie *P. argus* praticamente toda a produção é exportada em forma de caudas congeladas, eventualmente processando-se espécimes inteiros cozidos, sendo também despachadas vivas para os mercados mais exigentes (CAMPOS, 1995). A carne do cefalotórax também está sendo retirada para ser comercializada.

2.1.3.3 PANULIRUS ECHINATUS SMITH, 1869

A) MORFOLOGIA

Durante muito tempo *P. echinatus* foi confundida com *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804), até que Holthuis (1961) estabeleceu as principais diferenças específicas, colocando em sinonímia a subespécie *Panulirus guttatus brasiliensis* descrita por Faria e Silva (1937 apud FAUSTO FILHO, 1966). *P. echinatus* possui a carapaça espinhosa, com 2 espinhos rostrais grandes, direcionados para a frente. O anel antenular possui 2 espinhos distais. O 1º e 2º pares de maxilípedes possuem palpo bem desenvolvido; os palpos do 3º par são pequenos e desprovidos de flagelos. Os pereiópodos são delgados. O 1º par é um pouco mais robusto do que os demais e mais curto do que o segundo; o terceiro é mais longo do que o segundo, o quarto e o quinto. Os segmentos abdominais geralmente apresentam os sulcos interrompidos no 3º, 4º e 5º segmentos. Os sulcos anteriores das pleuras não se unem com os sulcos abdominais (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

B) COLORAÇÃO

A coloração da espécie *P. echinatus* é bastante diversa, variando entre marrom - claro, marrom - escuro e marrom - esverdeada. Os pereiópodos, nos exemplares marrom - esverdeados, apresentam um verde mais escuro do que a carapaça, sendo percorridos por listas amareladas, em número de cinco no 1º e 2º pares; de quatro no terceiro, de três no quarto e de quatro no quinto. O abdômen é pigmentado por inúmeras manchas claras oceladas; as mais centrais são ligeiramente menores do que as laterais (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969).

C) HABITAT NATURAL

Encontrada em fundos rochosos desde à linha de marés até 35 m de profundidade. Bastante abundante no Atol das Rocas e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (CAMPOS, 1995).

C) COMPRIMENTO MÁXIMO TOTAL

Já foram encontrados espécimes com 39 cm (CAMPOS, 1995).

E) DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

A presente espécie é mais abundante na zona costeira dos Estados do Rio Grande do Norte (FAUSTO FILHO, 1966) e Pernambuco, e até pouco tempo muito rara no Estado do Ceará, ocorrendo agora com muito mais frequência. No Arquipélago de Fernando de Noronha ela parece ser menos abundante do que *P. laevicauda* e mais do que *P. argus* (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969). Ocorrem também nas Ilhas Canárias, Ilhas Cabo Verde, Atol das Rocas, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Ilha de Santa Helena, Ilha de Ascensão e Ilha da Trindade (HOLTHUIS; EDWARDS; LUBBOCK, 1980).

F) CAPTURA, PROCESSAMENTO E IMPORTÂNCIA COMERCIAL

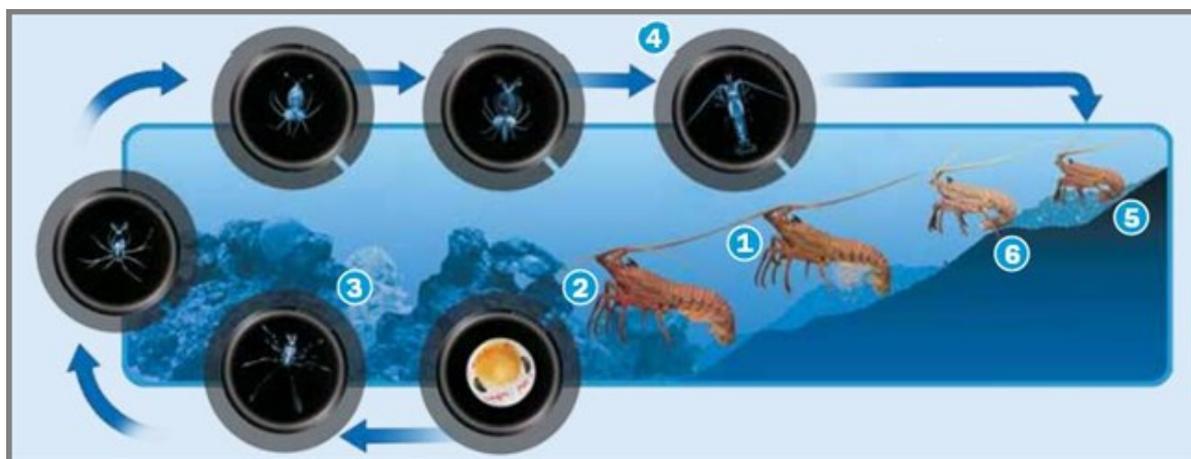
No Arquipélago de São Pedro e São Paulo é a única espécie de lagosta explorada comercialmente (Santiago, não publicado). Esta espécie é de moderado valor comercial para o Nordeste brasileiro, sendo capturada por armadilhas iscadas (manzuás e covos) (FAUSTO FILHO; COSTA, 1969). Sua participação no total de lagostas capturadas no Nordeste brasileiro, apesar de pequena, vem merecendo atenção, pois se acredita que grande parte da produção desta espécie no Estado do Rio Grande do Norte deva-se a pescarias clandestinas praticadas com compressor na região da Reserva Biológica do Atol das Rocas (CAMPOS, 1995). Atualmente, com a redução dos estoques de *P. argus* e *P. laevicauda*, *P. echinatus* vem tendo sua importância econômica aumentada despertando maior interesse dos pescadores dos Estados brasileiros onde ela é mais abundante, passando a ser capturada também com caçoeira, principalmente, no Estado do Ceará.

Como ocorre com as espécies *P. argus* e *P. laevicauda*, praticamente, toda a produção é exportada em forma de caudas congeladas, eventualmente, processando-se lagostas inteiras cozidas, sendo também despachadas vivas para os mercados mais exigentes (CAMPOS, 1995). A carne do cefalotórax também está sendo retirada para ser comercializada.

2.2 CICLO DE VIDA

O ciclo de vida das lagostas da família Palinuridae é composto de reprodução que envolve acasalamento e fertilização e oviposição, desenvolvimento da larva que é denominada filosoma, uma fase pós-larval chamada *puerulus*, uma fase pré-juvenil e juvenil, que vai até a primeira maturação sexual e a fase adulta iniciada no primeiro período reprodutivo (Figura 2) (PHILLIPS; COBB; GEORGE, 1980).

Figura 2 - Ciclo de vida das lagostas do gênero *Panulirus*.



Fonte: AUSTRALIA, 2011.

Legenda: (1) Fêmea ovígera após acasalamento; (2) Ovo de lagosta com filosoma próximo à eclosão; (3) Fase de desenvolvimento larval; (4) Estágio pós-larval; (5) Juvenil próximo à linha de costa; (6) Juvenil próximo à fase adulta migrando para as áreas de acasalamento, com profundidades superiores a 100 m.

De acordo com MacDiarmid e Sainte-Marie (2006) indivíduos adultos das famílias Nephropidae e Palinuridae podem ser considerados equivalentes ecologicamente, em razão de seus grandes tamanhos e, geralmente, hábitos e habitats similares. Muitas espécies dessas famílias vivem em águas pouco profundas onde se observa grandes concentrações de rochas e recifes para lhes oferecer proteção. Nestas zonas, ainda é importante observar, que a vida marinha é muito intensa, propiciando farta alimentação às espécies ali residentes.

Segundo Lipcius e Herrnkind (1987), o controle ambiental da reprodução e da muda envolve fotoperíodo e temperatura, um dia com longa duração e temperaturas quentes aumentam as frequências de desova e o desenvolvimento gonadal da fêmea, mas não afetam o desenvolvimento gonadal do macho. A frequência de mudas é,

tipicamente, elevada em regiões com temperaturas quentes, mas aparentemente, não é afetada significativamente pelo fotoperíodo.

Para Lipcius e Cobb (1994), a questão principal predominante na fase adulta é a preocupação com a estrutura de estoque. Em muitas espécies, a identificação do estoque pesqueiro (um segmento viável da população) é uma tarefa relativamente simples, como para a lagosta *Panulirus cygnus*, que é limitada por fronteiras geográficas e relativa orientação para habitats próximos à linha costeira. Em contraste, outras espécies são dispersas unindo-se a diversos habitats, em diferentes níveis por correntes oceânicas e características geográficas. Por exemplo, a lagosta espinhosa do Caribe, *P. argus*, se distribui em habitats litorâneos desde Bermudas até o Brasil.

Segundo Fonteles Filho e Ivo (1980), em frente à linha de costa do Estado do Ceará, as lagostas realizam migração genética durante o segundo trimestre, para as áreas de desova que se localizam em regiões afastadas da linha de costa, em profundidades entre 40 e 50 m. As lagostas se dispersam em sentido paralelo à linha costeira no terceiro e quarto trimestre, quando realizam migração trófica. No primeiro trimestre, as lagostas diminuíram seu ritmo alimentar migrando em direção às áreas de desova.

Segundo MacDiarmid e Sainte-Marie (2006), o tamanho de primeira maturação sexual é geralmente estimado plotando a porcentagem dos que estão com a gônada completamente desenvolvida contra classes de outras medidas do tamanho corporal e estimando o tamanho no qual 50% estão maduros.

Supondo, logicamente, que se a fêmea está carregando os ovos ela esteja madura, o tamanho de início de maturidade na população, pode ser determinado do tamanho que as fêmeas carregam os ovos. Determinação semelhante pode ser baseada para os reais tamanhos de fêmeas menores que carregam os ovos ou um modelo matemático de distribuição de tamanho das fêmeas maduras (AIKEN; WADDY, 1980).

Tamanho no início da maturidade é uma variável fundamental da capacidade reprodutiva das populações e, portanto, é importante na sua avaliação, na gestão da pesca e qualquer estudo para definição da população reprodutora. Alterações no tamanho de primeira maturação entre zonas, ou ao longo do tempo, podem indicar o impacto no ambiente e/ ou a sobre-exploração na população de lagostas (MACDIARMID; SAINTE-MARIE, 2006).

Groeneveld, Goñi e Díaz (2013) declararam que vários critérios são utilizados para estimar o comprimento do cefalotórax em que lagostas fêmeas atingem a

maturidade, incluindo a estimativa de maturação fisiológica (desenvolvimento de cerdas ovígeras) e maturidade funcional, carregando os ovos.

No geral, as espécies tropicais produzem mais ovos por ano, em média, do que as espécies de clima temperado, mas são susceptíveis de ter uma expectativa de vida mais curta do que seus parentes de regiões temperadas, devido a maiores taxas de mortalidade que são geralmente consideradas por ser uma característica dos ambientes de águas tropicais (PHILLIPS et al., 2013).

Na reprodução de lagostas espinhosas é necessário conhecer o momento provável do acasalamento que ocorre após a muda da fêmea; isso porque a muda fornece-lhe cerdas ovígeras novas sobre o endópodo dos pleópodos e também assegura que, na época do acasalamento, o processo de ecdise não ocorrerá, já que é neste período em que a fêmea carrega o espermatóforo e, posteriormente, os ovos. O intervalo entre a muda e o acasalamento é altamente variável dentro e entre as espécies de palinurídeos (MACDIARMID; KITAKA, 2000).

Fêmeas maiores geralmente produzem os óvulos e liberam as larvas mais cedo no período reprodutivo, desovando mais vezes do que as fêmeas adultas menores, que mudam mais cedo no período reprodutivo. O mesmo ocorre com os machos menores que mudam mais cedo no período reprodutivo (LIPCIUS; EGGLESTON, 2000).

Lipcius e Cobb (1994) corroboram a afirmação anterior que da mesma maneira que as fêmeas, machos adultos menores de muitas espécies mudam antes no período de acasalamento em relação à ecdise dos machos adultos maiores, mas ecdises podem ocorrer antes, durante e depois do período reprodutivo, dependendo da espécie e do tamanho do indivíduo.

Para Chang et al. (2007) em pesquisa realizada com a espécie *Panulirus penicillatus*, fêmeas grandes são importantes para a produção de ovos, porque elas são altamente fecundas, produzem muitos ovos e de alta qualidade, e são capazes de desovar várias vezes anualmente.

De acordo com MacDiarmid e Kittaka (2000) a reprodução de espécies *Jasus* ocorre no inverno logo após a ecdise das fêmeas, fornecendo-lhe cerdas ovígeras novas, para que ela possa carregar os ovos, e para garantir que a ecdise não ocorra enquanto ela esteja carregando os ovos.

Segundo Kittaka e MacDiarmid (1994) o acasalamento no ambiente natural e em laboratório é precedido por uma agressão macho contra macho que em casos extremos, o vencedor, pode entrelaçar-se com o outro macho, dando um forte aperto que dura

vários minutos levando a perda de membros ou a morte do macho vencido. Geralmente, para ocorrer o sucesso da cópula o macho deve ser pelo menos do tamanho da fêmea.

Rapidamente, o macho e a fêmea movem-se juntos aproximando-se pela posição frontal e empinam-se, apoiando-se um ao outro, esterno com esterno, no seu 5º pereiópodo aderindo um corpo ao outro na parte frontal com os outros pares. Ainda firmemente abraçados ventre a ventre, o macho deposita o espermatóforo na parte externa do esterno da fêmea (MACDIARMID; KITTAKA, 2000).

Em machos de lagosta dois aspectos da maturidade devem ser considerados: o fisiológico, onde o macho é capaz de produzir espermatozoides maduros e funcionais, onde é dada uma razoável oportunidade se ele é capaz de acasalar e inseminar a fêmea (AIKEN; WADDY, 1980).

A diferença básica entre as lagostas da família Palinuridae e Scyllaridae, e as lagostas Nephropidae, é o mecanismo de entrega do esperma dos machos para as fêmeas. Em lagostas espinhosas e sapateiras, o órgão de transferência de esperma do macho é o próprio gonóporo e o esperma é transmitido para a região externa do esterno da fêmea. Em lagostas Nephropidae o primeiro par de pleópodos abdominais é alterado como gonopódios, que entregam o espermatóforo em dutos que se abrem na base do quinto par de pereiópodos, para depositar o espermatóforo no receptáculo seminal médio que se situa entre a quarta e o quinto par de pereiópodos na superfície ventral da fêmea (MACDIARMID; SAINTE-MARIE, 2006)

A fêmea, usualmente, agarra-se na vertical com o cefalotórax para cima na parede interna de abrigos naturais ou artificiais (em tanques no laboratório). Os óvulos são extrusados pelo orifício genital, sendo levados por gravidade e através de uma corrente causada pela movimentação dos endopoditos dos pleópodos, em direção ao espermatóforo. A fertilização ocorre com os óvulos passando sobre o espermatóforo ou já na região inferior do abdômen, quando óvulos e espermatozoides são misturados próximos da movimentação dos pleópodos. Os óvulos, então fertilizados, prendem-se as cerdas sobre o endopodito dos pleópodos (KITTAKA; MACDIARMID, 1994).

Espermatóforos utilizados parcialmente são com frequência observados em fêmeas de *P. argus*, *P. laevicauda* e *P. echinatus* (Figura 3).

Figura 3 - Espermatóforo de fêmea da espécie *Panulirus echinatus*, utilizado parcialmente (indicado na seta).



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

Após a oviposição ter sido completada, a fêmea continua a flexionar seu abdômen para frente, embora não tão fortemente quanto durante a oviposição. O abdômen é ligeiramente levantado para permitir que a fêmea se mova. Alguns óvulos não fertilizados são removidos, mas algumas vezes no laboratório parte, ou a totalidade dos ovos, são perdidos. A duração da incubação dos ovos varia grandemente entre as espécies e, também, com a temperatura. Fêmeas de lagostas espinhosas carregam um grande número de pequenos ovos. O número de ovos aumenta com o tamanho do corpo e varia extremamente entre as espécies. (KITAKA; MACDIARMID, 1994).

Em trabalho realizado na zona costeira brasileira, a fecundidade de *P. argus* variou de 37.347 a 122.523 ovos em fêmeas com 65 mm de comprimento de carapaça e de 584.115 a 691.961 em fêmeas com 115 mm de carapaça. Em *P. laevicauda*, a fecundidade variou de 13.415 a 82.983 ovos em fêmeas com 50 mm de comprimento de carapaça e 232.886 a 454.315 em fêmeas com 100 mm de comprimento de carapaça (NASCIMENTO, 1970; NASCIMENTO, 1975; NASCIMENTO; ARAÚJO, 1984; IVO; GESTEIRA, 1986; IVO; GESTEIRA, 1995).

O número de desovas está também relacionado com as influências ambientais. Somente 12% de fêmeas de *P. cygnus*, no ambiente natural, desovaram 2 vezes por ano, enquanto no laboratório, com suprimento excedente de alimento, 77% desovaram 2 vezes anualmente (KITAKA; MACDIARMID, 1994)

Posterior a desova vem a eclosão das lavas. A fase larval é longa nas espécies da família Palinuridae e as distribuições de larvas muitas vezes altamente dispersas, têm sido os principais obstáculos à investigação e gestão, desta fase do ciclo de vida das lagostas espinhosas e sapateiras, que está sendo mais compreendido apenas recentemente (PHILLIPS et al., 2006).

Lagostas eclodem larvas denominadas filosomas (cerca de 1-2 mm), são planctônicas, se desenvolvem através de uma série de ecdises. Depois de se desenvolver no mar aberto, o filosoma retorna para a plataforma continental onde as larvas na fase final metamorfoseiam para *puerulus* (PHILLIPS et al., 2013).

Processos oceanográficos influenciam nas fases larval e pós-larval por diferentes caminhos, e espécies mais importantes comercialmente que tem populações exploradas, como os palinurídeos, necessitam de estudos populacionais como outras espécies marinhas que integrem áreas como meteorologia, oceanografia (física, química e biologia), ecologia marinha e biologia pesqueira (LIPCIUS; EGGLESTON, 2000).

Yeung e McGowan (1991) observaram um determinado padrão para a larva da lagosta *P. argus* no Sudeste da Flórida. Em geral, os filosomas estão distribuídos na área superficial independente do estágio de desenvolvimento larval. No entanto, existem diferenças regionais nos padrões de distribuição vertical ontogenético de filosomas, também quanto à dimensão do local de retenção da larva.

A maioria das populações conhecidas de lagostas *Palinurus* ocorre em regiões dominadas pelas fortes correntes oceânicas ou nos caminhos de grandes giros oceânicos. Estas correntes podem desempenhar um papel importante na dispersão do filosoma, e, por conseguinte, também da distribuição e abundância das populações existentes. No entanto, filosomas são muito raramente capturados, e padrões de dispersão de larvas são, portanto, em sua maioria, inferidos a partir de padrões espaciais e temporais de assentamento de *puerulus*, e de estrutura genética populacional (GROENEVELD; GOÑI; DÍAZ, 2013).

Segundo Lipcius e Cobb (1994) filosomas de *P. argus*, incluindo os últimos estágios, foram encontrados em águas da costa Sudoeste de Cuba onde há um giro contínuo na circulação, este giro pode conservar os filosomas em região restrita, e deste

modo aumenta o retorno dos *pueruli* para o sudeste de Cuba, resultando em um provável aumento na densidade populacional de *P. argus* no Caribe.

Ao contrário, na costa Noroeste de Cuba não há giros de circulação oceânica, mas até certo ponto uma rápida corrente de fluxo norte com baixa densidade larval. Já em Flórida Keys, os giros não persistem por muito tempo (aproximadamente 1 a 2 meses), para manter os filosomas durante todo o desenvolvimento larval. Padrões de retenção larval em palinurídeos, aparentemente, variam dentro e entre as espécies, e necessitam de extensas informações ecológicas (processos de transportes físicos) para determinar as fontes chaves de variação na fase larval (LIPCIUS; COBB, 1994).

No estagio final, o filosoma metamorfoseia em uma pós-larva natante chamada *puerulus*, que se instala sobre o substrato (GROENEVELD; GOÑI; DÍAZ, 2013), este é um estágio em que o animal não se alimenta, tem cerca de 30 mm de comprimento total e nada em direção à linha de costa (PHILLIPS et al., 2013).

O *puerulus* é transparente e tem caracteres morfológicos que confirmam o seu papel como uma fase de transição, ou seja, tem pleópodos desenvolvidos para nadar, com apêndices internos com ganchos de acoplamento para permitir a fixação em habitats bentônicos (GROENEVELD; GOÑI; DÍAZ, 2013).

Em águas rasas, há evidências sobre possíveis localizações e estímulos para a metamorfose para a fase de *puerulus* em espécies da família Palinuridae, mas existem diferentes opiniões quanto à interpretação desta evidência (PHILLIPS et al., 2006).

Segundo Phillips e MacMillan (1987), aparentemente, o *puerulus* navega para águas rasas mediante um sistema receptor complexo formado pela antena e cerdas, tornando possível a orientação ser associada com a linha costeira.

De acordo com Lipcius e Cobb (1994), os padrões de fixação em substrato natural têm provado ser útil na quantificação pós-larval, em modelos de fixação diferentes. Investigações adicionais são necessárias para delinear os papéis respectivos dos processos de estocagem e fatores bióticos como: sobrevivência, distribuição e abundância de pós-larvas.

Quando o *puerulus* se fixa no substrato, através de ecdises, depois de alguns dias ou semanas, se transforma em um juvenil bentônico. Pequenos juvenis (muitas vezes chamados de pós-*pueruli*) são normalmente encontrados em recifes costeiros rasos e juvenis maiores e adultos em águas profundas, distantes da linha de costa. É nestas profundidades que atingem a maturidade, que o acasalamento ocorre e que o ciclo de vida está completo (PHILLIPS et al., 2013).

A duração da fase de *puerulus* na natureza é pouco conhecida, mas é provável que esteja relacionada com a largura da plataforma continental e pode ser espécie específica, e que, geralmente, excede a encontrada no cultivo em laboratório (PHILLIPS et al., 2006).

Segundo Butler e Herrnkind (2000) a duração do estágio de *puerulus*, varia entre as espécies, mas é normalmente inferior a um mês e é fortemente influenciado pela temperatura da água.

Uma vez no substrato, o *puerulus* metamorfoseia para o primeiro estágio bêntico aproximadamente com 6-7 mm de comprimento de carapaça. Juvenis de lagostas espinhosas podem ter até três fases distintas de assentamento: fase algal, fase pós-algal e subadulto (LIPCIUS; EGGLESTON, 2000).

Já segundo Lipcius e Cobb (1994), juvenis de lagosta espinhosa passam por, pelo menos, duas fases distintas. Uma primeira fase bêntica (fixação recente de juvenis) habitando, principalmente, habitats similares ou equivalentes aos *pueruli*, e uma última fase bêntica, encontrada em habitats típicos de lagostas adultas, semelhantes a uma fenda. Depois disso, muitos juvenis iniciam a migração como quase adultos, ou adultos, até as áreas de recife para reprodução.

Recém-juvenis, no início da fase bentônica, é a fase mais vulnerável à predação e sofrem elevada mortalidade de um conjunto de predadores como peixes e invertebrados com maior mobilidade (por exemplo, caranguejos e polvos), apesar de mitigação adaptações como o uso de abrigos com distribuições sobredispersas e hábito noturno (BUTLER et al., 2006).

Lagostas do gênero *Panulirus* são comuns e numerosas, particularmente em substratos rochosos e de coral, embora alguns membros do gênero, tais como *P. polyphagus*, sejam encontrados em fundo lamacento. Sem exceção, elas permanecem escondidas durante o dia para emergir durante a noite, principalmente para se alimentar, de modo a evitar os seus muitos predadores. Todos os membros do gênero não são especializados, se alimentam em uma ampla gama de itens alimentares (PHILLIPS et al., 2013).

A quantidade de fendas nos abrigos pode limitar a abundância de juvenis de algumas espécies em que com este comportamento procuram evitar predação (BUTLER; HERRNKIND, 2000).

2.3 PESCA: GESTÃO E SUSTENTABILIDADE

Ciência da gestão foi desenvolvida significativamente como uma consequência do estruturado, multidisciplinar e urgente, para resolução de problemas durante a Segunda Guerra Mundial. Posteriormente, a ciência da gestão evoluiu dos militares para aplicações civis e principalmente de negócios, e para o campo da pesquisa como método científico de resolução de problemas. Como tal, é fornecido um corpo formal de pesquisa e literatura em metodologias, aplicações e melhores práticas sobre os métodos de teoria de decisão, barganha e negociação, gestão de operações, avaliação de sistemas de gestão e de desempenho e análise de sistemas em condições de incerteza (STEPHENSON; LANE, 2010).

A essência da gestão pesqueira é o de permitir a exploração do estoque para gerar benefícios econômicos e sociais, mantendo simultaneamente a sua capacidade reprodutiva em um nível que fornece recrutamento adequado para a pesca de cada ano, assim, mantendo a estabilidade da produção pesqueira (CHUBB, 2000).

Segundo Rutherford (2002) um plano básico de gestão pesqueira deve incluir uma avaliação do atual estado de desenvolvimento e exploração da pesca, dos objetivos para esta gestão, estratégias para alcançar esses objetivos, e os regulamentos para aplicar no âmbito de várias estratégias. A avaliação é a estimativa de taxas vitais e abundâncias para compreender a dinâmica da população e quantificar os rendimentos atuais e potenciais. Os objetivos de gestão podem incluir restauração e conservação das unidades populacionais dos organismos ou maximização do rendimento econômico ou biológico.

Estratégias de gestão para alcançar esses objetivos podem incluir a proteção ou suplementação dos recursos pesqueiros e dos seus habitats, ou determinação de um tamanho mínimo de estoque ou da população reprodutora, para se proteger contra a sobrepesca em relação ao recrutamento, que é um nível de pesca que reduz o estoque adulto o suficiente para reduzir a probabilidade de um recrutamento bem sucedido. Regulamentos para implementar estratégias podem incluir controles de entrada (limite de esforço de pesca). Restringir o número, o tipo e o tamanho dos barcos ou artes de pesca; restringir as zonas ou os períodos de pesca, ou controles de saída (peso limite, tamanho, sexo ou condição reprodutiva dos organismos capturados) (RUTHERFORD, 2002).

Uma espécie-alvo é apenas um componente de um ecossistema, por isso, pode realizar uma variedade de funções, dado que interagem com outras espécies. Espécies-alvo podem ser predadores, herbívoros, presa, oportunistas e concorrentes. A pesca

intensiva de uma espécie pode aliviar a predação sobre suas presas, enquanto as espécies que têm suas presas capturadas podem aumentar a pressão de predação sobre outras presas alternativas. Durante os períodos em que a população é mais intensamente explorada, elas formarão uma menor proporção da abundância total da comunidade e esta fica dominada por espécies menores com ciclos de vida mais curtos. Assim, a resposta das populações exploradas segue um padrão consistente, com a progressiva remoção dos indivíduos maiores, levando a uma posição dominante por indivíduos de menor tamanho (KAISER; JENNINGS; SALE, 2004).

A conservação da pesca marinha envolve a conservação biológica e física dos oceanos e seus ecossistemas, e a gestão pesqueira se concentra em espécies exploradas. O potencial declínio para da captura na pesca marinha também coloca grandes dilemas para os 200 milhões de pescadores e outros empregados na cadeia de abastecimento para pesca, juntamente com suas famílias, que dependem diretamente dela para sua subsistência. Gestão dos estoques de pescado e conservação do ambiente marinho, que essas comunidades dependem, representa o maior desafio humano voltado para a gestão dos oceanos (GRAFTON et al., 2010).

Planos setoriais da indústria da pesca e gestão de atividade estão em expansão para incluir os mais diversos objetivos, e indicadores associados e medidas de desempenho, alinhadas com a conservação valorizando o social, e incluindo o cultural, e os atributos econômicos, por exemplo, a pesca da lista de verificação de sustentabilidade e gestão de eficiências. Há também pressão crescente para uma certificação do mercado e uma séries de outras atividades marinhas em conformidade com um conjunto de normas relacionadas com o *status* de ações, impacto da pesca sobre o ecossistema, e a eficácia sistema de gestão da pesca (STEPHENSON; LANE, 2010)

Ecossistemas incluídos na gestão pesqueira são cada vez mais importantes no manejo da pesca dos gêneros *Jasus* e *Sagmariasus*, considerando questões como: captura secundária, interações entre espécies protegidas, do impacto que as artes de pesca causam nos habitats e das interações da pesca com os ecossistemas através da redução de biomassa lagosta (JEFFS; GARDNER; COCKCROFT, 2013)

Gerenciando qualquer pescaria requer o uso de um modelo matemático (ou computadorizado) de biologia da população, mas cada modelo é uma simplificação da natureza, com base em determinados pressupostos específicos. Não apenas esses pressupostos podem estar errados, mas pior, os gestores podem não perceber plenamente o que os pressupostos são, ou o que suas consequências podem ser. Os problemas de sobrepesca e superestimar a capacidade de suporte resultaram na crise

atual da gestão pesqueira. Ambos os problemas surgem do fato de que as populações pescadas são capturadas de forma competitiva. Enquanto a livre concorrência é geralmente desejável em um sistema econômico, só funciona sob os direitos de propriedade seguros. Como emular os direitos de propriedade em matéria de pesca (CLARK, 2010).

Todas as pescarias comerciais que envolvem espécies do gênero *Panulirus* são consideradas, atualmente, plenamente exploradas, isto é, no limite de captura. Este é um fator importante, porque a pesca tem a natureza de ser uma atividade agressiva ao ambiente, com os participantes buscando alcançar capturas mais elevadas ou mais valiosas. Com a impossibilidade para aumentar a pesca, temos visto uma forte tendência para a agregação de valor aos animais capturados, geralmente pelo *marketing*, como por exemplo, o comércio de lagostas vivas, que é mais oneroso, com os clientes pagando valores mais elevados, pois se localizam, muitas vezes, bem distantes de onde a captura é realizada (PHILLIPS et al., 2013).

Segundo Australia (2011) a pesca da lagosta *P. cygnus* conhecida como “*Western rock lobster*” na Austrália Ocidental, recebeu reconhecimento internacional como uma das mais bem administradas e sustentáveis do mundo. A pesca comercial, que envolve cerca de 280 barcos, mudou para o gerenciamento através de quotas. A pesca recreativa, que é gerida com limites de tamanho, número de lagostas capturadas, e duração da temporada, envolve cerca de 30.000 pescadores.

O objetivo fundamental do sistema de gestão de quotas é garantir a integridade da Captura Total Admissível Comercial (TACC) que foi definido para pesca de *P. cygnus*. Para a temporada 2010/11, a TACC foi fixada em 5.500 t para manter a pesca sustentável, devido ao impacto de baixa recorde no assentamento dos *pueruli* nos últimos anos. A TACC pode ser variada, dependendo de fatores como o sucesso de assentamento de *puerulus*. São utilizadas várias medidas de proteção adicionais para garantir a sustentabilidade das populações de lagosta, incluindo limites de tamanho, proteção para quaisquer fêmeas em condição de reprodução e controles sobre o tipo de arte de pesca utilizada, incluindo a exigência de utilizar os locais de escape para permitir que as lagostas pequenas possam sair das armadilhas (AUSTRALIA, 2011).

Para espécies do gênero *Palinurus* as estatísticas oficiais de desembarque para 2009, provenientes da FAO, para as pescarias do Atlântico para as espécies *P. elephas* e *P. mauritanicus* mostraram declínios dramáticos de 900 t em 1966 para 56 t em 2009. Para o Mediterrâneo, as duas espécies são relatadas separadamente. Desembarques de *P. elephas* atingiu o pico em 1960 e em 1970 perto de 1.000 t, reduziu-se para 165 t em

2000, mas aumentou para 404 t em 2009. As estatísticas infelizmente, são mal realizadas pela maioria dos países, e a inclusão equivocada de *P. mauritanicus* em alguns registros, complicam a interpretação dos dados. Além disso, em matéria de pesca, *P. elephas* é vendida localmente, por exemplo, no sul da Europa e Mediterrâneo, uma parte significativa dos animais capturados pode passar despercebida (GROENEVELD; GOÑI; DÍAZ, 2013).

Lagostas da família Nephropidae são exploradas comercialmente em todas as regiões em que ocorrem, e estão sujeitas a uma variedade de diferentes práticas de pesca. O habitat das lagostas de pinça é facilmente acessível para a pesca de arrasto, e este método de pesca domina os desembarques na maioria das áreas. Redes fixas são, no entanto, importantes em algumas áreas costeiras ao redor da Escócia e da Suécia, e é o único método de captura, atualmente, utilizado na pesca das ilhas Faroé. Os tipos de artes de pesca em geral, variam em uma base regional, e em relação à natureza da pesca (BELL; TUCK; DOBBY, 2013).

2.4 AQUICULTURA

2.4.1 ASPECTOS GERAIS

A aquicultura é a ciência que trata do cultivo dos seres que tem na água seu principal ou mais frequente ambiente de vida. Entenda-se por cultivo a utilização de insumos, mão de obra e energia com o objetivo de aumentar a produção dos organismos úteis pela manipulação deliberada de suas taxas de crescimento, mortalidade e reprodução, abrangendo não apenas os organismos estritamente aquáticos, mas também aqueles que passam parte do seu ciclo de vida em terra, como rãs e jacarés (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994a).

Um grande número de espécies está sendo cultivada em todas as partes do mundo, nos diferentes ambientes, da água doce à salgada. Com isto, estão sendo utilizados variadas técnicas de produção, adaptadas para as diferentes espécies, ambientes e condições econômicas. Essas técnicas incluem utilização de viveiros, tanques-rede, *raceways*, cordas, gaiolas, tanques e diferentes sistemas, como, por exemplo, o de recirculação. O cultivo de uma nova espécie geralmente começa pela captura de juvenis selvagens, até a produção das larvas em cativeiro, com a sua manutenção e alimentação em um ambiente totalmente ou parcialmente controlado (ASCHE; BJØRNDAL, 2010).

Os complexos processos de mudança no setor aquícola são indicativos de modificação no balanço de oportunidades e de restrição em diferentes regiões produtoras, espécies e sistemas de produção. Áreas com desenvolvimento destacado podem ser citadas a forte expansão da aquicultura do salmão do Atlântico, dos camarões da família Penaeidae, particularmente o *Litopenaeus vannamei*, que cada vez mais ocupa o local de outras espécies devido a sua maior resistência a doenças, tilápia do Nilo de várias linhagens melhoradas e, mais acentuadamente, o bagre do gênero *Pangasius*. No entanto, cada uma destas espécies tem tido redução de sua produção em vários locais, principalmente devido à doenças e também em razão da variabilidade ambiental de curto prazo. A maioria destes subsectores exibiu uma queda dos preços reais, com a expansão da produção, mas com a produção mais organizada, o controle sobre o custo dos insumos, e processos de produção mais eficientes, manteve a rentabilidade suficiente para novos investimentos (OECD, 2010). Mas para estes processos serem realmente eficientes, mais cedo ou mais tarde é necessário controlar todo o ciclo de vida da espécie a ser cultivada, sendo os maiores desafios, a reprodução e a larvicultura em cativeiro.

A domesticação é, provavelmente, uma consequência inevitável da reprodução artificial, exercida pelo cultivo em um ambiente controlado, por escolha não aleatória dos reprodutores, e sim por padrões de sobrevivência que diferem daqueles observados na natureza. Além disso, os animais podem ser criados em cativeiro durante todo seu ciclo de vida, e os aquicultores são capazes de influenciar no processo de domesticação, selecionando intencionalmente traços particulares. Os principais objetivos para seleção de reprodutores é modificar as características que incluem em alterações para alcançar uma produção mais eficaz e rentável (HUNTINGFORD; KADRI; JOBLING, 2012).

Para Pillay e Kutty (2005a) a reprodução controlada, obviamente, só é possível se existir um conhecimento adequado dos fatores que regem o comportamento reprodutivo do animal. A falta de tal conhecimento tem dificultado o progresso da aquicultura de várias espécies importantes. O cultivo extensivo de carpas chinesas, carpas indianas, tainhas, *milk fish*, robalo, dourado, camarões da família Penaeidae, ostras e mexilhões, tem sido baseado, até recentemente, em larvas e pós-larvas obtidas a partir de procriação natural. Apesar dos avanços nas técnicas de cultivo controlado ou semicontrolado, as técnicas não têm sido suficientemente aperfeiçoadas ou adaptadas para produção em larga escala de larvas, com o resultado de que o aquicultor ainda depende parcialmente ou inteiramente, para o cultivo de algumas espécies, de larvas oriundas do ambiente natural.

Métodos de reprodução em aquicultura foram descritos por vários autores em resposta a todas as questões levantadas a respeito da qualidade e gestão de gametas. A reprodução tem sido um foco de investigação e de interesse de várias espécies marinhas e de água doce. Muitas destas espécies têm sido reproduzidas em cativeiro, a maioria delas com interesse para aquicultura, pesca e/ ou conservação. Enquanto grande parte dessas técnicas tem sido aplicada com algum sucesso em condições de campo, alguns aspectos relacionados com o acasalamento de reprodutores foram abandonados. Qualidade e gestão de gametas são dois aspectos importantes na reprodução dos organismos aquáticos que merecem atenção especial, principalmente se considerarmos que ambos são requisitos para a produção e sustentabilidade de novos indivíduos (CABRITA; ROBLES; HERRÁEZ, 2009).

A compreensão de comportamentos reprodutivos das lagostas pode ser alcançada através das relações de sexo que são mais adequadas para manter, a diversidade genética que pode ser eficientemente sustentada em populações nativas. Seleção diante de programas de melhoramento depende de atribuição de parentesco para a estimativa das características de hereditariedade. Em populações selvagens, a prática comum de captura tendenciosa por tamanho e pelo sexo, pode alterar os potenciais dos padrões de sucesso reprodutivo. Ambos resultam em menor produtividade através da limitação de esperma e mudanças na diversidade genética. Apesar da observação dos comportamentos reprodutivos das lagostas, ser difícil, especialmente, no ambiente natural, muitos aspectos podem ser entendidos através da análise genética (KENNINGTON; MELVILLE-SMITH; BERRY, 2013).

Segundo Timmons e Ebeling (2013a) sistemas aquícolas podem ter vários níveis como extensivos, semi-intensivos ou intensivos, dependendo do número de organismos cultivados por volume de água, da fonte de água e da alimentação. O cultivo em viveiros geralmente é extensivo e semi-intensivo, em gaiola é semi-intensivo (com relação ao manejo da água), mas intensivo dentro da gaiola (densidade) e sistemas de recirculação são sistemas intensivos de produção. Cultivo em viveiros e gaiolas são ao ar livre, e, portanto, existe sempre um risco de contaminação no ar ou de contaminantes a base de água. Dado que o controle da qualidade da água é mais difícil em sistemas com viveiro e gaiola, pois o número de microrganismos que podem ser cultivados de forma eficaz é limitado, principalmente em grandes unidades.

À medida que mais conhecimento é gerado, o grau de controle com o processo de produção aumenta e os aquicultores podem elevar sua influência no crescimento e reprodução. Uma vez que, o grau de controle é frequentemente classificado pela

intensidade da operação na aquicultura. A aquicultura tradicional varia entre as práticas de aquicultura extensiva e semi-intensiva. Na aquicultura intensiva, a estrutura de produção é fechada porque não depende de peixe selvagem para a reprodução. Os animais são cultivados em áreas definidas, e o aquicultor controla a maioria dos aspectos do processo de produção, tais como o tamanho da propriedade, densidade de estocagem e alimentação (ASCHE; BJØRNDAL, 2010), tendo o produtor que ter maiores conhecimentos de engenharia para construção ou montagem das estruturas de cultivo.

Na engenharia, entre elas a engenharia para aquicultura, de acordo com Weiner e Matthews (2003), o processo de cálculo dos efeitos projetados que um projeto proposto, de ação ou construção, terá influência da qualidade do ambiente e é chamado de avaliação ambiental. Um processo metódico minucioso, reprodutível e razoável é necessário para avaliar tanto o efeito do projeto proposto, como os efeitos das alternativas que podem atingir os mesmos fins, mas que podem ter diferentes impactos ambientais.

Mas engenheiros geralmente gastam muito do seu tempo para “educar” o usuário ou cliente, para as implicações e as consequências das decisões principais na concepção do sistema. Não raro, as decisões principais do sistema já foram feitas e fixadas antes de procurar assistência de um engenheiro. Isto pode ser um problema sério. Além disso, um engenheiro na área de aquicultura pode ser inexistente ou inacessível a muitos usuários potenciais, dependendo da área em que ele habita e/ ou quer implantar o projeto (HUGUENIN; COLT, 2002a).

Considerando-se que a construção de instalações aquícolas constitui um grande investimento de capital, e que a eficiência operacional das instalações determinará em grande parte o sucesso do projeto, é totalmente justificado e necessário dedicar atenção adequada à sua concepção e construção. O tamanho de um projeto aquícola deve ser determinado com base em uma série de fatores, incluindo a quantidade de água e a extensão de terra disponível, a tecnologia empregada (extensiva, semi-intensiva ou intensiva) na produção e a renda necessária para tornar a empresa economicamente viável, e acesso para mercados, mão de obra e equipamentos (PILLAY; KUTTY, 2005b).

2.4.2 ALIMENTAÇÃO

Nutrientes são componentes dos alimentos que podem ser utilizados pelo animal, quer como fontes de energia, ou para processos metabólicos. Os componentes da fonte de energia são as proteínas, lipídios e hidratos de carbono, enquanto que as vitaminas e

minerais somente são necessários em pequenas quantidades na alimentação, para o metabolismo e a manutenção da vida (PAOLUCCI et al., 2012).

As plantas fornecem alimento para os animais conhecidos como "herbívoros", que são incapazes de sintetizar os materiais básicos para manter a vida (carboidratos, proteínas e gorduras). Eles são o segundo elo da cadeia alimentar e são denominados produtores secundários. Esses herbívoros são, por sua vez, a presa de carnívoros, o terceiro elo da cadeia alimentar. A síntese de matéria viva a partir de matéria orgânica por fitoplâncton é uma característica de autotróficos, e é também uma característica de certas plantas e bactérias. Todos os outros organismos são chamados heterotróficos e dependem dos autotróficos para suprir suas necessidades por nutrientes (BARNABÉ, 2005).

Segundo Guedes e Malcata (2012) ao contrário dos animais terrestres, os que vivem em meios aquáticos e são utilizados para consumo humano em larga escala, como alimentos, raramente são herbívoros na fase adulta; animais de cultivo são de fato mais carnívoros no seu estágio pós-larval, ou onívoros na melhor das hipóteses.

A digestão envolve a conversão dos três principais nutrientes (proteínas, carboidratos e lipídeos) que ocorrem como macromoléculas na natureza em tamanhos que passam através das paredes do trato digestivo e são absorvidos na corrente sanguínea. As proteínas são convertidas em aminoácidos de cadeias polipeptídicas, hidratos de carbono em açúcares simples e lipídios em glicerol e ácidos graxos. Isto é possível através da atividade de enzimas. A digestibilidade varia de 100% para a glicose, de 5% para o amido bruto, e de 5-15% para material vegetal contendo celulose. A digestibilidade da maioria das proteínas e lipídios naturais varia de 80-90% (PILLAY; KUTTY, 2005c).

Existem variações na atividade de enzimas digestivas durante o crescimento, o ciclo de intermuda e os ritmos circadianos, que podem ser objeto de estudo através da observação das variações do alimento na dieta desses animais, bem como, através da adaptação da própria dieta, como forma de satisfazer as suas necessidades; isto é extremamente importante em aquicultura. Em crustáceos, a atividade de amilases e proteases é modulada pelo regime de alimentação. A indução da sua síntese em relação à dieta é demonstrada. E as atividades específicas ótimas correspondem a quantidades ideais de nutrientes na dieta (VAN-WORMHOUDT; BELLON-HUMBERT, 2005).

Mesmo que a anatomia, fisiologia, hábitos alimentares e digestivos sejam diferentes entre os animais aquáticos e terrestres, as exigências nutricionais permanecem

expressas nos mesmos termos: energia, proteínas, vitaminas e minerais (PARKER, 2012a).

No ambiente natural a aquisição de um alimento envolve uma sequência de eventos que começa com a localização de uma área de alimentação adequada e prossegue através da detecção do alimento, se movendo em direção a aproximação, e fazendo contato com ele para, em seguida, ingeri-lo. Uma vez que o alimento seja capturado, ou ele é ingerido, e os nutrientes resultantes processados e absorvidos, ou então ele é rejeitado. A sequência de eventos pode falhar em diversos pontos, devido a ações do alimento, no caso de espécies carnívoras, da presa (JOBILING et al., 2012).

Os animais aquáticos utilizam sinais químicos para orientação no meio aquático, estes sinais específicos são reconhecidos, apesar da complexidade química em ambientes aquáticos. Portanto, a ecologia química de animais aquáticos é de vital importância tanto fisiologicamente como comportamentalmente para compreender o estatuto e o papel dos animais no ambiente aquático. A função de sinais químicos específicos torna-se ainda mais significativa em um sistema biológico gerenciado, que é otimizado para a produção de uma única espécie aquática porque esses sinais químicos regulam a alimentação, reprodução, comportamento e controle. Isto é ainda mais importante, quando consideramos o item alimentação como uma despesa significativa em todas as operações da aquicultura, a necessidade de maximizar o consumo de ração e reduzir o desperdício de alimentos é fundamental para o sucesso econômico (LEE; MEYERS, 1997).

Ao se discutir os critérios de seleção da espécie a ser cultivada, a importância de hábitos alimentares e a eficácia da alimentação em termos de crescimento e de produção devem ser comprovados. A maioria das espécies de animais da aquicultura tradicional depende em grande parte da produção de alimentos através de processos naturais, ou por fertilização. De certa maneira, essa prática ainda é seguida em cultivo extensivo e semi-intensivo em viveiros, mas a alimentação artificial é um recurso para assegurar a disponibilidade adequada de alimentos para os cultivos em densidades maiores, para um maior crescimento e produção (PILLAY; KUTTY, 2005c).

Portanto, práticas nutricionais ineficientes geram resíduos orgânicos provenientes da aquicultura, a partir de *pellets* de ração que não são consumidos pelos animais e do material fecal produzido, como também aumentando o número de organismos incrustantes que se instalam e crescem em redes e estruturas de gaiola. O grau em que *pellets* são desperdiçados depende da compatibilidade adequada de fornecimento de alimentação para os animais, como também do seu apetite (BLACK, 2008).

Mas para obter lucratividade na aquicultura, a transformação de alimentos para a alimentação, deve ser feita de forma eficiente e economicamente viável. Os princípios de nutrição devem ser aplicados. Práticas nutricionais de sucesso também dependem de reprodução, saúde e gestão (PARKER, 2012a).

A aquicultura de peixes e crustáceos tem se expandido muito desde o início de 1980, o que permitiu em grande parte o desenvolvimento de protocolos de cultivo de fácil compreensão para utilização de alimento vivo ao redor do mundo. Quando novas espécies são desenvolvidas ou novas regiões geográficas se abrem para a aquicultura, se abrem novos locais com micro espécies que servirão também de alimento. Não é necessário o desenvolvimento de um novo alimento para o desenvolvimento do cultivo de cada nova espécie, o que tem facilitado grandemente a expansão da aquicultura. As principais questões que permanecem para o futuro envolvem a disponibilidade e os custos de alimentação, principalmente para a fase larval (BENGTSON, 2003)

2.4.3 ESTRUTURAS DE CULTIVO UTILIZADAS NA AQUICULTURA

2.4.3.1 VIVEIROS

Os viveiros podem ter a forma que o aquicultor desejar, sendo o retangular o mais aconselhável, com a largura do viveiro sendo igual ou inferior a 50 m, para facilitar o manejo. As dimensões e declividade dos diques devem ser determinadas de acordo com a profundidade da água, o tamanho do viveiro, as características do solo, o processo construtivo e o próprio regime operacional a ser adotado, com a área de um viveiro sendo correspondente a sua superfície de água (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994b).

A classificação convencional de projeto de *design* de um viveiro é: viveiros de barragem, viveiros de contorno e viveiros de derivação, estas podem ser utilizados para descrever o maior número de *layout* de viveiros. Os viveiros de barragem são construídos em vales levemente inclinados, ou leitos de rios abandonados, onde se constrói uma barragem baixa em um local adequado (Figura 4). A barragem tem que ser construída no ponto mais estreito para reduzir os custos de construção. Os lados dos viveiros são formados pelas encostas do vale e uma série de viveiros pode ser construída. A fonte de a água é um córrego ou rio nas proximidades. O vertedouro tem que ser construído para evitar inundação dos viveiros. Um canal de abastecimento irá ser necessário para alimentação regular de água nos viveiros. Uma drenagem adequada tem de ser fornecida

para evitar inundações e consequente perda de estoque e danos às estruturas (PILLAY; KUTTY, 2005b).

Figura 4 - Viveiros do tipo barragem.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Viveiros de contorno (Figura 5) também são geralmente localizados perto de um córrego, canal, rio ou reservatório e em um vale, a parte inferior tendo um contorno ligeiramente inclinado. Uma barragem desvia a água para o consumo através de uma comporta para um canal de alimentação, a partir do qual cada viveiro pode ser abastecido e drenado separadamente. Os diques devem ser construídos para ter um *design* seguro, contra inundações (PILLAY; KUTTY, 2005b).

Figura 5 - Projeto de aqüicultura com viveiros tipo contorno.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Viveiros de derivação (Figura 6) são construídos em áreas relativamente planas cercados por taludes. Esses diques permitem usar *designs* com *layout* muito melhores, incluindo o sistema de abastecimento separado da drenagem, estruturas para despesca etc. (PILLAY; KUTTY, 2005b).

Figura 6 - Projeto de aquicultura com viveiros de derivação.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005d.

Segundo Stickney (2005a), a maioria dos projetos de aquicultura é praticada em viveiros com diques inclinados de argila e fundos também de argila, embora em alguns lugares as laterais rígidas sejam empregadas. Na China, por exemplo, é possível encontrar muitos viveiros com paredes verticais de tijolos cobertas de argamassa e fundos de argila (Figura 7).

Segundo Lekang (2013a) viveiros podem ser separados em aqueles para a produção de larvas e pós-larvas e os usados para engorda (Figuras 8 e 9); a diferença é, normalmente, o tamanho dos viveiros. No entanto, viveiros de produção de todo o ciclo também são possíveis. Em tais viveiros é realizada a desova, a produção de alevinos e a engorda são feitas todas as fases de cultivo.

Figura 7 - Viveiro com paredes verticais de tijolos cobertos com argamassa, China.



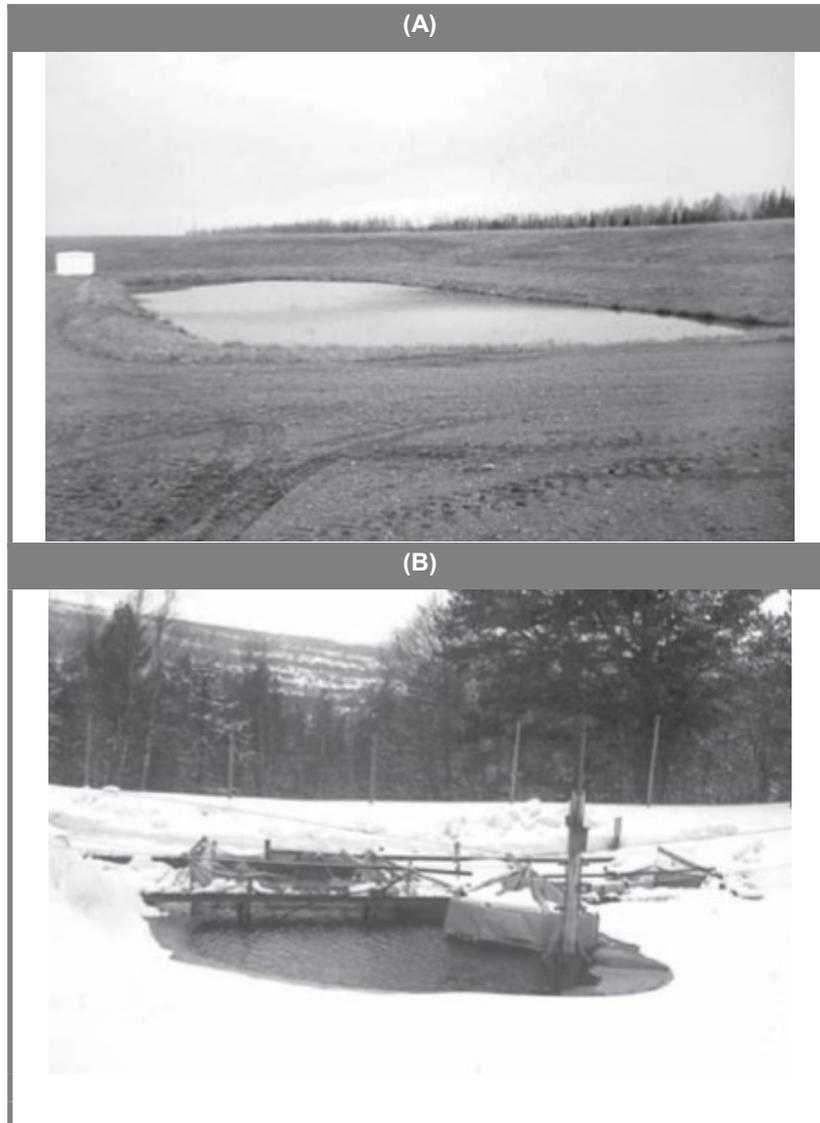
Fonte: STICKNEY, 2005a.

Figura 8 - Viveiros vazios para melhor observação do *layout*.



Fonte: Adaptada de LEKANG, 2013a.

Figura 9 - Viveiros de engorda para produção em diferentes estações do ano: **(A)** No verão (*catfish*); e **(B)** No inverno (truta arco-íris). Água subterrânea quente é utilizada na temporada de inverno para manter os viveiros livres de gelo.



Fonte: Adaptada de LEKANG, 2013a.

O local para construção de viveiros depende, em um grau considerável na fonte de água e topografia. Para evitar a perda excessiva da água por infiltração, o solo deve conter um mínimo de 25% de argila. A composição do solo pode mudar significativamente em curtas distâncias, particularmente em locais como vales do rio que podem conter depósitos de areia ou cascalho. Locais perto de água salgada são por vezes caracterizados por solos muito arenosos, e *liners* são necessários, a menos que a água tenha fluxo constante para os viveiros. Uma situação bastante singular existe em uma instalação de peixe ornamental no Havaí, onde tanques foram construídos em um fluxo de lava (STICKNEY, 2005a).

Deve-se ter bastante atenção para os detalhes de construção e acompanhar o projeto (desenhos e especificações) é tão importante como a definição do *design* adequado. Construção realizada sem respeito às especificações técnicas, feita de forma descuidada e de má qualidade, pode resultar em um *design* falho, inútil, totalmente inseguro e inadequado dos viveiros e barragens. Cumprimento das especificações e métodos de construção prescritos torna-se cada vez mais importante à medida que se aumenta o tamanho da estrutura, pois pode-se aumentar os riscos de insucesso. Construção de boa qualidade é importante, independentemente do tamanho, e o custo é geralmente menor em longo prazo, do que para barragens e viveiros construídos sem especificações técnicas adequadas (UNITED STATES OF AMERICA, 1997).

2.4.3.2 TANQUES

Segundo Pillay e Kutty (2005b), os tanques podem ser feitos de concreto, fibra de vidro, compensado marítimo, metal ou outras substâncias rígidas (Figuras 10 a 12). Só materiais duráveis que são isentos de tintas tóxicas ou produtos químicos são usados. Fibra de vidro é um material popular para a construção do tanque, pois é leve, forte e inerte à água doce e salgada. Ele pode ser moldado em formas mais desejadas e é mais forte em tensão de carga, que geralmente é a tensão experimentada nas paredes do tanque circular. Tanques de metal seccionais podem ser facilmente obtidos no mercado em diversos lugares e podem ser facilmente montados ou desmontados. Tanques circulares são muito usados para fins de engorda e berçário. Porque além de ser fácil instalação e montagem, o abastecimento de água e de drenagem pode ser organizado de tal forma a criar um vórtice que vai varrer a maioria dos detritos e qualquer outro material residual para fora do sistema.

Figura 10 - Tanques externos de um projeto aquícola, feitos de concreto.



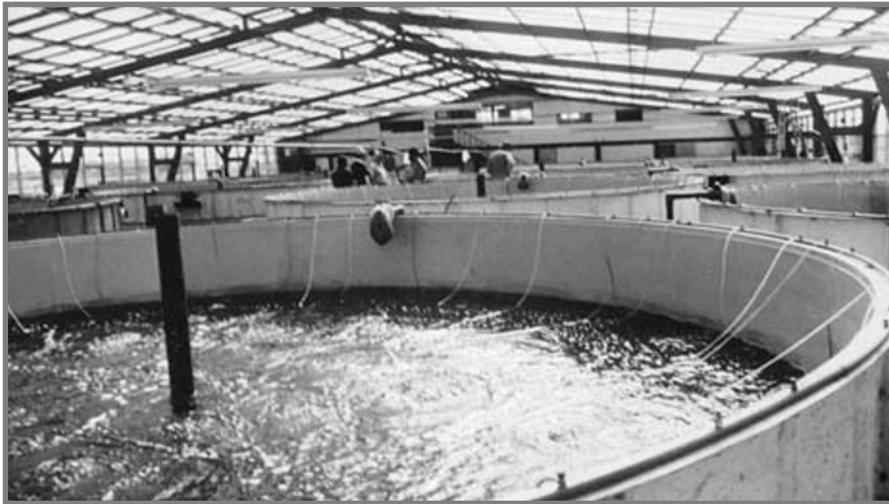
Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Figura 11 - Tanques externos de um projeto aquícola, feitos de fibra de vidro.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

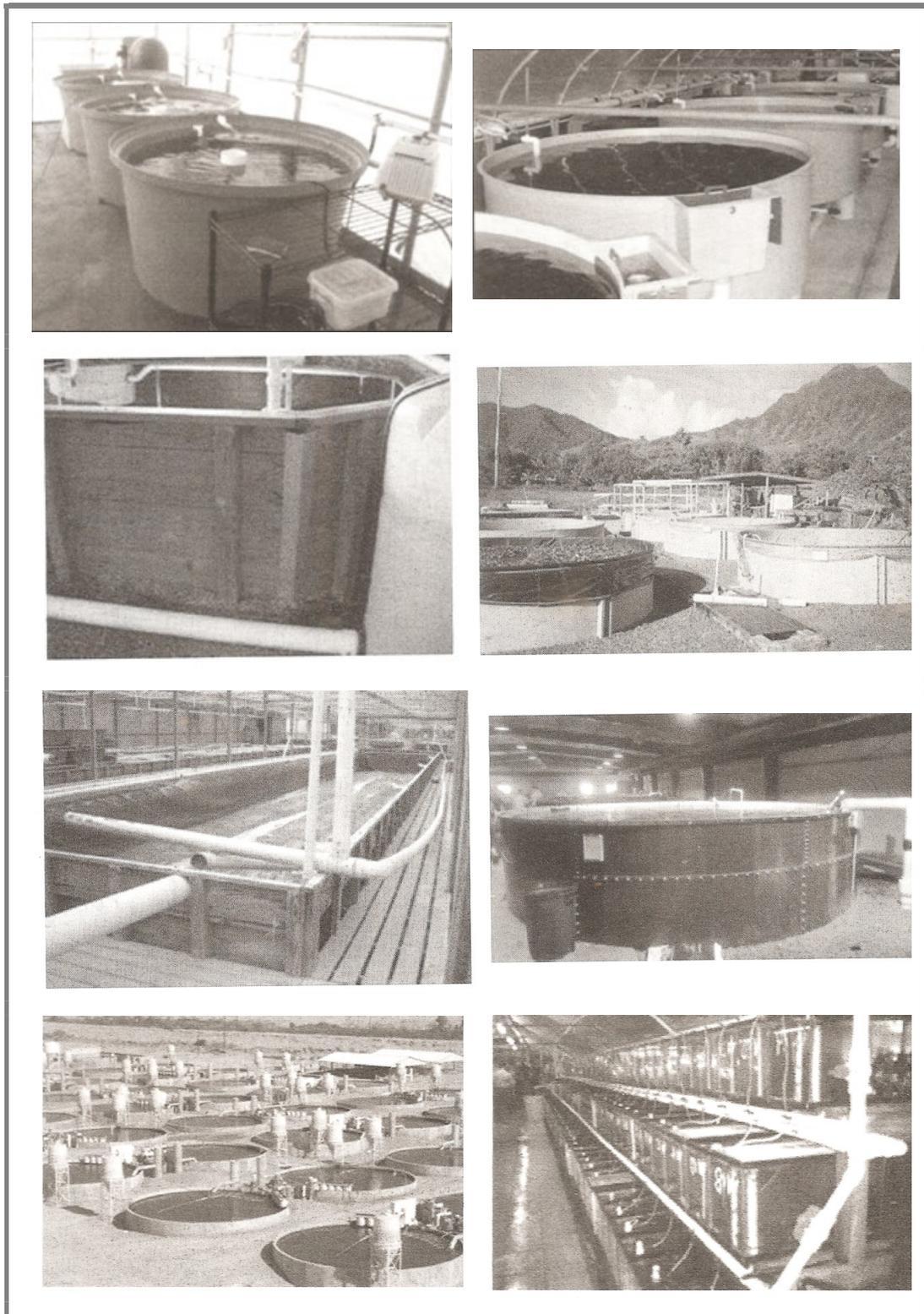
Figura 12 - Projeto aquícola com tanques cobertos. Os tanques são feitos de plástico e a cobertura de metal.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

De acordo com Summerfelt (2013), o material mais comum usado para a construção de tanques para aquicultura é de fibra de vidro. Tanques de fibra de vidro podem ser fabricados em praticamente qualquer forma e tamanho. Fibra de vidro é um material de construção extremamente flexível, é fácil de cortar, perfurar, e para fazer conexões. São de fácil reparo, e modificações são fáceis de serem realizadas. Se o tanque é muito alto, você pode cortar uma seção horizontal da fibra de vidro em duas metades, para fazer um tanque na altura que você precisa. Outro método simples de construir, *raceways* longos e pouco profundos é usando painéis de compensado e *liner*. A construção é rápida e barata. *Raceways* e tanques feitos de concreto são usados por vários anos sem problema (Figura 13).

Figura 13 - Tanques com diferentes *designs* e fabricados com diferentes materiais.



Fonte: Adaptado de SUMMERFELT, 2013.

Para Stickney (2005a) *raceways* são unidades de cultivo em que a água flui continuamente. As formas mais comuns são circular (Figura 14) e retangular (Figura 15). Unidades retangulares são chamadas de *raceways* lineares. Eles foram o primeiro tipo a ser desenvolvido e são comumente vistos em todo o mundo. Eles têm sido mais amplamente utilizados em conjunção com a criação inicial de salmão e truta. Os primeiros *raceways* foram construídos de madeira. *Raceways* modernos são geralmente compostos de concreto, alumínio ou fibra de vidro.

Figura 14 - Projeto de cultivo de tilápias capaz de operar durante todo o ano, devido à disponibilidade de água geotermal de alta qualidade em uma área conhecida por invernos extremamente frios, Idaho, EUA.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

Figura 15 - *Raceways* externos para cultivo de truta arco-íris.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

Segundo Pillay e Kutty (2005b) *raceways* são tanques concebidos para proporcionar um sistema que permita o fluxo contínuo, para o cultivo em altas densidades. Um fluxo de água abundante e de boa qualidade, bem oxigenado e que retire os resíduos metabólicos, especialmente amônia. A taxa de fluxo necessária para atender o consumo de oxigênio dos organismos e a retirada dos metabólitos pode ser determinada com base na temperatura e concentração de oxigênio da água que entra no tanque, e o consumo de oxigênio e excreção de amônia dos organismos. *Raceways* são obviamente menores em tamanho do que os viveiros e ocupam muito menos espaço. Embora possam ser feitos de terra, a grande maioria deles ainda é feito de concreto armado, ou blocos de cimento (Figuras 16 e 17).

Figura 16 - *Raceways* que podem ser feitos de concreto armado ou blocos de cimento.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Figura 17 - *Raceways* feitos de concreto.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

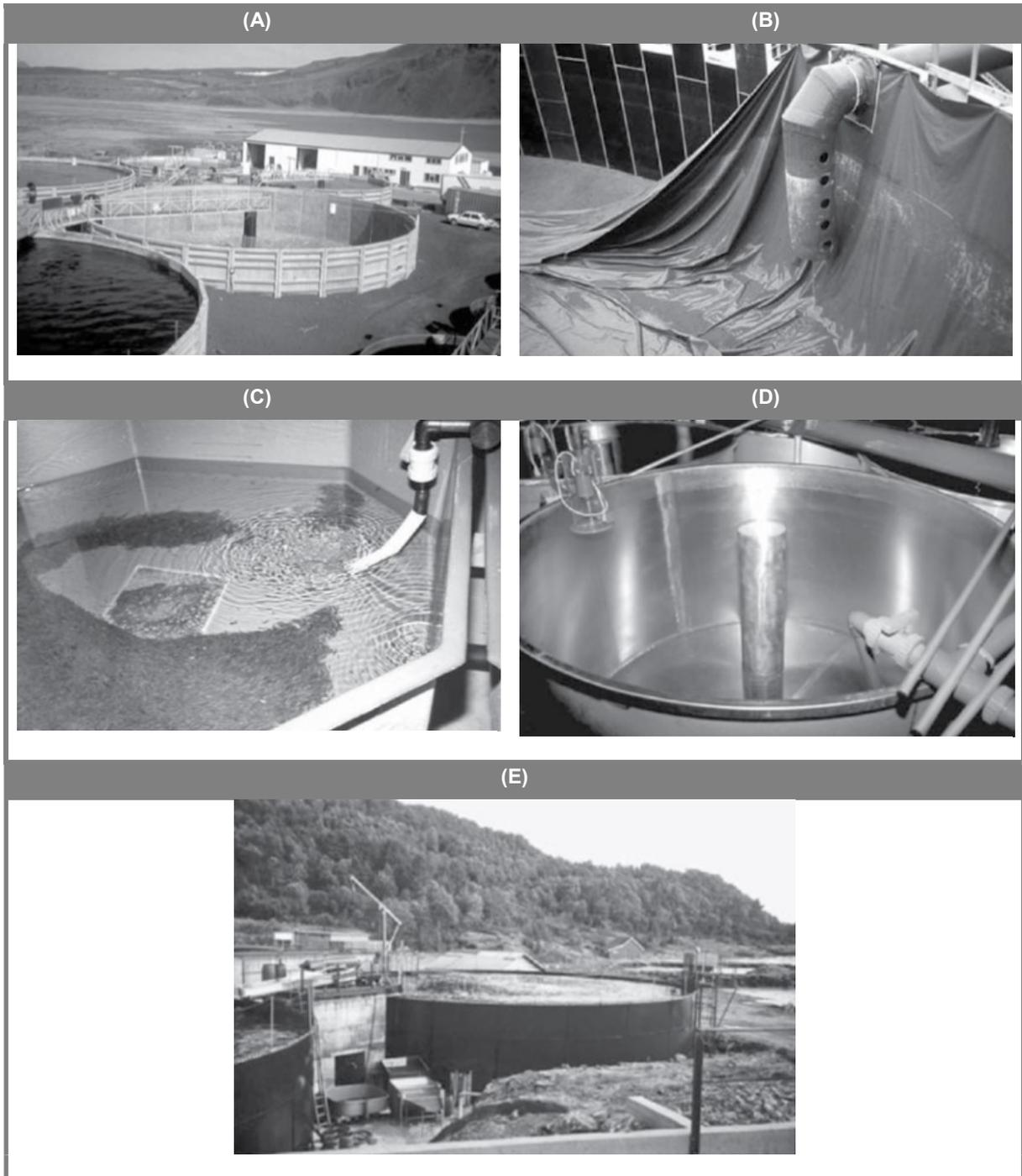
De acordo com Lekang (2013b) diversos projetos de tanques circulares com fluxo de água estão em uso. O que é importante na escolha de um *design* é que a água nova seja uniformemente distribuída ao longo de todo o volume do tanque. Redondos ou poligonais (de seis a oito lados) tanques com um padrão de fluxo de circulação são adequados porque eles não têm zonas mortas, desde que a entrada e a saída de água sejam projetadas corretamente. Tanques quadrados, no entanto, têm zonas mortas em cada aresta e o volume de cultivo com água de boa qualidade, não é tão grande, pois a renovação não é eficaz. Por esta razão tanques quadrados não são recomendados.

Tanques retangulares têm zonas mortas em cada canto, mas quando os cantos são cortados este problema diminui.

Já Huntingford, Kadri e Jobling (2012) sistemas de cultivo geralmente utilizam tanques e *raceways* de vários tamanhos, ligados a um sistema de abastecimento e drenagem. Tanques, que podem ser quadrados, retangulares ou circulares, são mais comumente utilizados em aquicultura para a criação de larvas e juvenis, mas podem também ser usados na engorda até o tamanho de mercado. Tanques e *raceways* são como lagos e riachos artificiais, respectivamente, que não possuem o meio biótico complexo dos sistemas naturais e permitem um grande grau de controle sobre o ambiente de cultivo. Sistemas de fluxo requerem grandes quantidades de água que é descartada depois de passar através das unidades de criação, enquanto que num sistema de recirculação mais de 90% da água pode ser reciclada. Em ambos os sistemas de fluxo e de recirculação a água é pré-tratada antes da sua entrada nas unidades de cultivo; isso inclui filtração para remover as partículas de vários tamanhos, o tratamento com ozônio ou luz UV para matar organismos causadores de doenças, aquecimento ou arrefecimento e aeração ou desgaseificação.

Ao definir o material utilizado para confecção do tanque, é importante que este tenha uma superfície lisa no interior do tanque para reduzir problemas com incrustação, e que o material não libere qualquer substância tóxica para a água de cultivo (Figura 18). A escolha do material para construção do tanque é um fator que deve ser considerado ao decidir a forma dos tanques. Nos tanques circulares a pressão da água é igualmente distribuída em volta da circunferência do tanque e, por conseguinte, uma parede mais fina pode ser utilizada do que para tanques quadrados. Em tanques quadrados as forças são maiores no meio de cada um dos lados, e há uma acumulação de forças nas arestas. A altura do tanque será também importante porque a pressão exercida sobre suas paredes e, conseqüentemente, a espessura necessária irá aumentar (LEKANG, 2013b).

Figura 18 - Tanques fabricados com diferentes materiais: **(A)** Concreto; **(B)** Estrutura de lona e placas de madeira; **(C)** Fibra de vidro; **(D)** Aço inoxidável; e **(E)** Revestido com placas de aço.



Fonte: LEKANG, 2013b.

2.4.3.3 GAIOLAS E TANQUES-REDE

Gaiolas e tanques-rede são câmaras de cultivo que são projetados para uso em locais que não são adequados para a construção de viveiro ou tanque. Basicamente, eles são flutuantes ou unidades submersas que são colocados em águas abertas, como dentro de um lago, reservatório, rio, estuário, fiorde ou o oceano aberto. As gaiolas são normalmente usadas em grandes lagoas que não podem ser drenadas ou são difíceis de arrastar por diferentes razões. O tipo padrão de gaiola terá uma estrutura rígida em todos os lados (Figura 19), enquanto tanques-rede tradicionais têm apenas armações rígidas na parte superior (Figura 20). Gaiolas no mar de vários modelos incorporam mais do que um quadro de tanque-rede, mas podem não ter uma estrutura rígida em todo o perímetro na parte inferior da estrutura (Figura 21). A parte de uma gaiola, que mantém os animais de cultivo pode ser feita de malha de metal, fio revestido de plástico, plástico ou rede de nylon (STICKNEY, 2005a).

Figura 19 - Gaiola típica para o cultivo de tilápias, Filipinas.



Fonte: STICKNEY, 2005b.

Figura 20 - Tanques-rede para cultivo comercial, Maine, EUA.



Fonte: STICKNEY, 2005b.

Figura 21 - Gaiola projetada para criação de salmão do Atlântico no mar, exposto ao oceano aberto e tem resistido a ondas de até 5-6 m, com alimentador automático na parte superior, Escócia.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

Cultivo em gaiolas é uma prática tradicional em alguns países asiáticos e parece ter se originado a quase dois séculos atrás, em Kampuchea, de onde se espalhou para a Indonésia e da Tailândia e, nos últimos tempos, em uma forma mais avançada, para vários outros países. É obviamente difícil descrever os vários projetos de gaiolas atualmente utilizadas. Embora exista gaiolas submersas e com parede rígida em uso, a maioria é constituída de uma unidade flutuante, uma estrutura rígida e uma flexível malha suspensa sob ela. Existem diferentes métodos de flutuação e amarração, colocação e fixação das gaiolas individualmente em uma fazenda, para chegar com facilidade até elas e realizar o manejo. A unidade flutuante pode consistir em barris vazios, tubos de polietileno ou isopor, ou pontões já prontos de plástico ou metal (Figuras 22 a 24) (PILLAY; KUTTY, 2005b).

Figura 22 - Projeto aquícola na ilha Svanoy, Noruega.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Figura 23 - Gaiolas hexagonais com estrutura de madeira atracadas ao lado de uma passarela.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Figura 24 - Fazenda que usa um projeto diferente de gaiolas flutuantes com seis lados. A flutuação é feita por seis boias de borracha fixadas por seis estacas de fibra de vidro que saem de uma placa de aço na parte de cima da gaiola, Noruega.



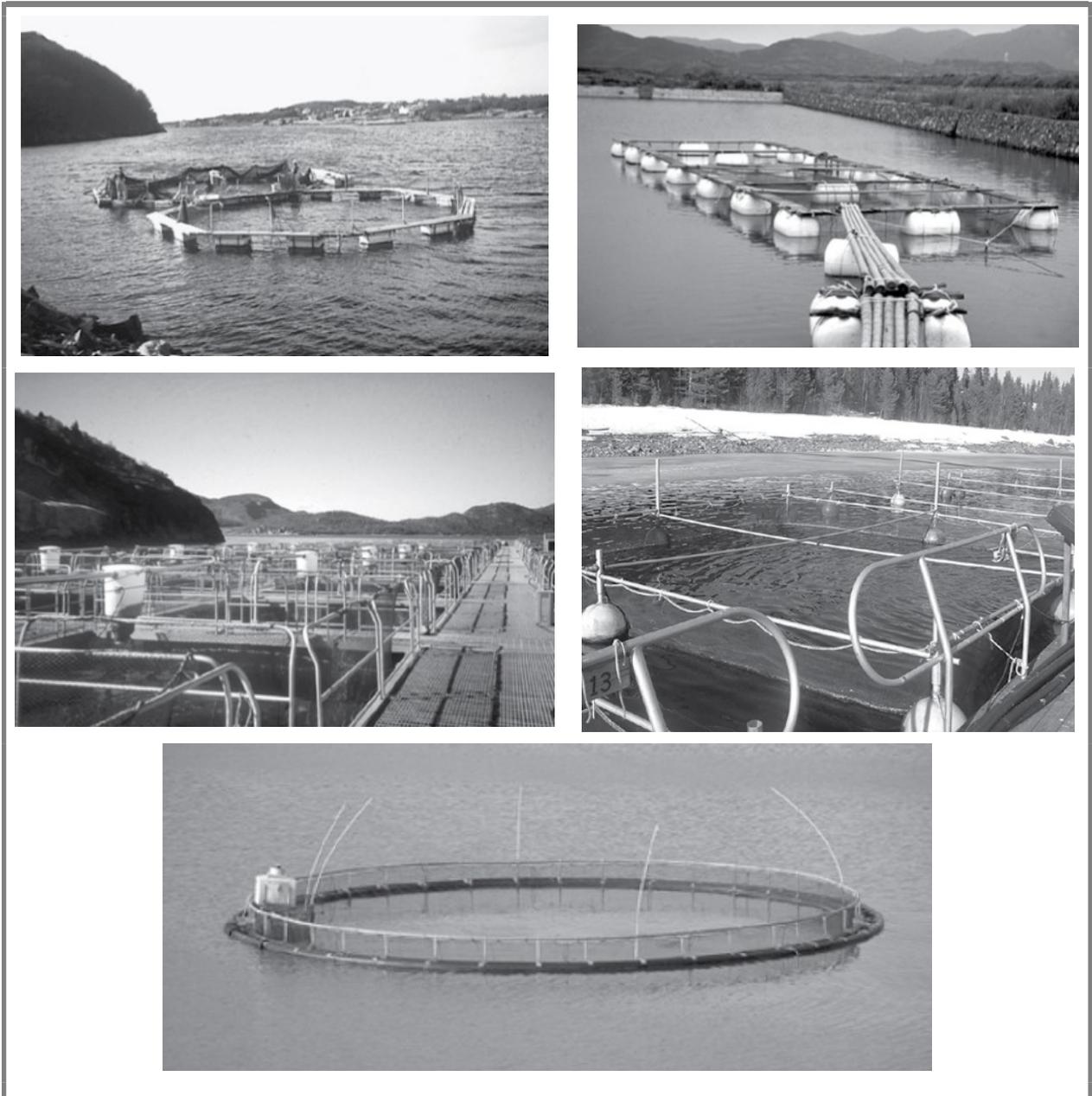
Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005b.

Para Lekang (2013c) pesos na parte inferior do saco da rede são usados para manter o saco de rede para baixo, para manter o volume máximo possível para os animais cultivados. Cordas da ligação podem ser utilizadas para a linha de fundo do saco de rede em conjunto com pesos fixos. Os pesos fixos são normalmente adicionados nos cantos e no centro. Por exemplo, em uma gaiola com 15×15 m, a quantidade total de

pesos pode ser de 150-200 kg, divididos em pesos fixos de 25 kg em cada canto e no centro, com o restante distribuído uniformemente ao longo da linha de fundo, como corda com chumbo. Fortes correntes irão diminuir o volume efetivo e adicionando mais pesos fixos podem inibir esta ação; no entanto, é preciso ter cuidado, porque isso vai aumentar as forças que atuam no saco de rede. Diferentes materiais podem ser utilizados na construção das gaiolas (Figura 25).

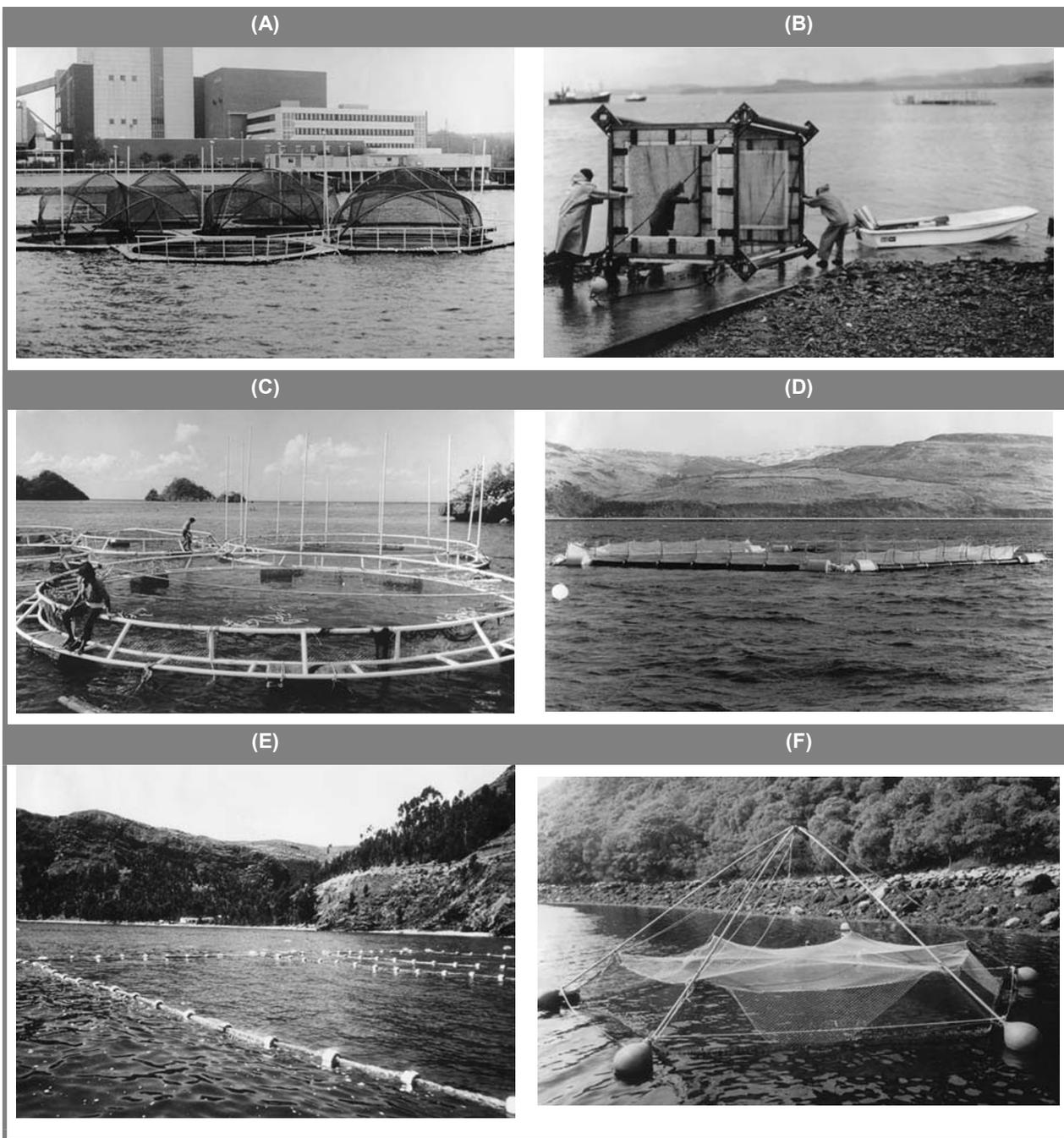
Segundo Beveridge (2004) gaiolas foram desenvolvidas em grande quantidade em pequenas comunidades e hoje há uma enorme diversidade de tipos e modelos. As gaiolas podem ser classificadas em fixas, flutuantes, submergível ou submersas. Gaiolas fixas são relativamente baratas e simples de construir, embora sejam limitadas em tamanho e forma, e seu uso seja restrito a locais rasos e abrigados com substratos adequados. Gaiolas flutuantes podem ser concebidas de uma enorme variedade de formas e tamanhos para se adequar as necessidades do aquicultor. Também são menos limitadas do que a maioria dos outros tipos em termos de fixações em locais específicos. Nas gaiolas submersas, a vantagem em relação aos outros modelos, é a posição em relação à coluna de água, que pode ser alterado para explorar as condições ambientais prevalentes. As gaiolas são normalmente mantidas à superfície durante o tempo calmo e são submersas em condições atmosféricas adversas ou durante um evento de algas nocivas (Figura 26).

Figura 25 - Diferentes *designs* de estruturas.



Fonte: LEKANG, 2013c.

Figura 26 - Diferentes tipos de gaiolas: **(A)** Gaiola de rotação (Alemanha); **(B)** Gaiola submersível (Escócia); **(C)** Gaiola flutuante (Filipinas); **(D)** Gaiola flexível (Irlanda); **(E)** Gaiola flexível (Bolívia); e **(F)** Gaiola rígida (Escócia).



Fonte: BEVERIDGE, 2004.

2.4.4 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DE CULTIVO

2.4.4.1 TEMPERATURA

Segundo Huguenin e Colt (2002b), a temperatura da água do mar pode variar entre -1°C para mais de 40°C . Algumas espécies podem sobreviver ao longo deste intervalo, enquanto a maioria será restringida apenas a uma parte dele. Os critérios de qualidade da água para a temperatura dependerão da espécie e a fase do ciclo de vida. Pouquíssimos organismos podem tolerar mudanças de temperatura, mesmo pequenas se rápida e prolongada. Para mudanças de temperatura prolongadas, recomenda-se uma variação para cima ou para baixo de não mais do que 1°C por dia.

De acordo com Stickney (2005c), a taxa metabólica de animais aquáticos pecilotérmicos (de sangue frio) e de plantas aquáticas é controlada pela temperatura. Cada uma das espécies aquáticas tem uma gama de temperaturas dentro da qual o crescimento é ótimo, enquanto outras condições são alimento adequado e suficiente para que a qualidade adequada de manutenção esteja disponível. A faixa de temperatura ideal é geralmente de alguns graus de amplitude. Água que está com a temperatura superior ou inferior do intervalo ótimo tem relação direta com o crescimento reduzido, embora a maioria das espécies sejam relativamente euritérmicas, isto é, eles podem tolerar uma gama bastante ampla de temperatura e sobreviver, fora do intervalo ótimo o desempenho dos organismos é afetado negativamente.

Segundo Timmons e Ebeling (2013b), a temperatura afeta diretamente os processos fisiológicos, tais como a taxa de respiração, a eficiência da alimentação e assimilação, crescimento, comportamento e reprodução. Os organismos têm sido tradicionalmente agrupados em três classificações, dependendo da temperatura de sua preferência: de água fria, de água moderada e de água quente. Espécies de água fria preferem temperaturas de água até 15°C (60°F), espécies de água moderada entre 15°C - 20°C (60°F - 68°F), e espécies de água quente acima de 20°C (68°F). Estas definições não são exatas, e vários fatores estão envolvidos na determinação da tolerância a diferentes temperaturas, nestes são incluídos: espécie, idade, tamanho e história térmica passada.

As espécies tropicais têm entre 20 e 30°C como faixa ideal de conforto térmico para crescimento e reprodução, sendo que a maioria delas encontra um nível ótimo entre 25 e 28°C (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994c).

A temperatura é uma das variáveis mais fáceis de medir. O método experimentado e verdadeiro é com um termômetro de vidro (mercúrio em vidro ou álcool

em vidro), embora os termômetros eletrônicos tenham sido utilizados ao longo dos anos e são muito precisos; na verdade, muito mais precisos do que é necessário para medições de rotina. Os aquicultores tipicamente querem saber a temperatura da água com aproximação de 1°C, alguns instrumentos medem com a precisão de 0,1°C ou menos. Termômetros eletrônicos são recomendados porque termômetros de vidro são facilmente quebrados (STICKNEY, 2005c).

2.4.4.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO – O₂D

O gás oxigênio (O₂) tem um ponto de ebulição de -183°C à pressão atmosférica normal. Se a pressão for aumentada, o ponto de ebulição aumentará também. Em temperaturas normais, o O₂, portanto, só está disponível na forma de gás. O oxigênio líquido tem cor azul claro e é sem odor; a densidade do líquido é de 1,15 x 10³ kg m⁻³ no ponto de ebulição, enquanto que a densidade do gás é de 1,36 kg m⁻³ a 15°C em pressão atmosférica normal. Um litro de oxigênio líquido, portanto expandirá 820 vezes quando se muda à fase de gás a 15°C (LEKANG, 2013d).

Para Huguenin e Colt (2002b) concentrações de oxigênio dissolvido significativamente menores do que a saturação são comumente produzidas pela poluição. A concentração de oxigênio dissolvido deve ser medida imediatamente após a amostragem para evitar alterações com o tempo no recipiente de amostragem. Para peixes e crustáceos, o crescimento poderá ser reduzido quando o oxigênio dissolvido cai abaixo de 6 mg L⁻¹ e mortalidade resultará abaixo 2-3 mg L⁻¹. Moluscos bivalves, podem ser capazes de tolerar concentrações de oxigênio dissolvido inferior por longos períodos de tempo, especialmente se a temperatura for baixa.

O oxigênio dissolvido, precisa ser mantido próximo da saturação em todos os sistemas de cultivo em que os animais aquáticos estão sendo cultivados, a fim de evitar a imposição de estresse. O aquicultor deve se esforçar para manter um nível de OD não inferior a 5 mg L⁻¹ em todos os momentos (STICKNEY, 2005c).

É sem dúvida o fator mais importante no cultivo. A temperatura a salinidade e a pressão atmosférica afetam a capacidade da água em reter oxigênio. Quanto maior a salinidade e a temperatura, e menor a pressão atmosférica, menor o nível de saturação do oxigênio na água (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994c).

Segundo Timmons e Ebeling (2013b) é difícil especificar as concentrações críticas de oxigênio dissolvido, porque a resposta a baixos níveis de oxigênio dissolvido não determina a vida ou morte, sendo estes determinados por uma série de efeitos

fisiológicos. Em adição, estes efeitos são influenciados pelo tempo de exposição, o tamanho, saúde do animal cultivado, a temperatura da água, a concentração de dióxido de carbono e outras condições ambientais. Em geral, peixes de água quente se alimentam melhor, crescem mais rápido e são mais saudáveis quando concentrações de oxigênio dissolvido estão acima de 5 mg L^{-1} . No entanto, as concentrações de oxigênio dissolvido superiores a esse nível, próximo à saturação, parecem não oferecer benefícios adicionais. As brânquias só podem transferir uma determinada quantidade de oxigênio para o sangue, que está muito próximo desta capacidade máxima quando as concentrações de oxigênio dissolvido no ambiente estão dentro das concentrações recomendadas. Por outro lado, concentrações mais elevadas de oxigênio na água, não resultarão em oxigênio adicional transportado pela corrente sanguínea.

O oxigênio pode ser medido de várias maneiras. O primeiro método que foi desenvolvido envolvia uma reação química com a produção de uma solução de coloração amarela, cor de palha, em amostras de água ao qual era adicionado um determinado reagente. Posteriormente, um procedimento de titulação era utilizado para determinar quantos mg L^{-1} de oxigênio estavam na amostra de água. Este método levava alguns minutos por teste e envolvia o uso de vidraria. Os medidores de oxigênio dissolvido mais modernos, estão prontamente disponíveis para uso e podem ser obtidos a preços razoáveis. A maioria dos modelos é compensada através da temperatura, mas também estão disponíveis modelos que são compensados com ambos, temperatura e salinidade (STICKNEY, 2005c).

2.4.4.3 AMÔNIA TOTAL – $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$

Segundo Huguenin e Colt (2002b), a amônia é o principal produto final do metabolismo de proteínas na maioria dos animais aquáticos. Concentração de amônia expressa como o composto de NH_3 pode ser convertido para uma base de nitrogênio multiplicando por 0,822. A concentração de amônia não ionizada depende principalmente da amônia total, pH, temperatura e salinidade. A fração molar de amônia não ionizada é igual à percentagem de amônia não ionizada/ 100.

Segundo Proença e Bittencourt (1994c), a amônia total é a segunda variável em importância na água de cultivo, depois do oxigênio dissolvido. A forma não ionizada (NH_3) é a mais tóxica e depende do pH e a temperatura. Quanto mais alto o pH e a temperatura maiores serão as porcentagens da forma tóxica. As origens da amônia na água de cultivo

são: a decomposição da matéria orgânica, poluição, os excrementos dos organismos aquáticos, processos de desnitrificação e a morte de *blooms* de microalgas.

De acordo Stickney (2005c) a amônia ionizada, sob a forma de NH_4^+ é relativamente inofensiva, mas se transformada em não ionizada (NH_3) em níveis muito baixos pode ser tóxica. No mínimo, níveis elevados de amônia não ionizada podem levar a redução do crescimento e causar deformidade nas brânquias. Somando-se os dois tipos de amônia, em conjunto, é fornecida a medida de amônia total.

Para Lekang (2013e) em água, há um equilíbrio entre as concentrações de íon amônio (NH_4^+) e amônia (NH_3). Este equilíbrio é dependente do pH. Por causa do equilíbrio entre NH_3 e NH_4^+ , a redução de um deles reduz automaticamente o outro.

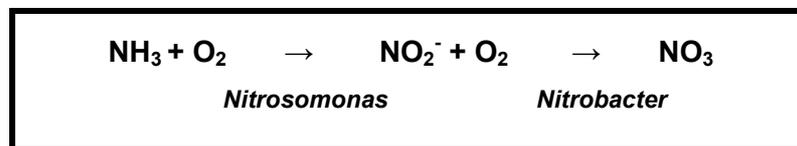
Segundo Timmons e Ebeling (2013b) a amônia parece ter um efeito direto sobre o crescimento de animais aquáticos. Amônia não ionizada é tóxico para peixes em baixas concentrações, com 96 h de CL_{50} variando amplamente entre as espécies de $0,08 \text{ mg L}^{-1} \text{ NH}_3$ para o salmão, $2,2 \text{ mg L}^{-1} \text{ NH}_3$ para a carpa comum. Em geral, peixes de água quente são mais tolerantes à toxicidade da amônia do que peixes de água fria, e peixes de água doce são mais tolerantes do que peixes de água salgada. Em geral, para a produção comercial, a concentração de amônia não ionizada deve ser mantida abaixo das concentrações de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ e amônia total abaixo de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ para a exposição a longo prazo.

A amônia pode ser determinada de várias maneiras, com métodos comuns em uso hoje em dia, como por exemplo por sondas que determinam a concentração de amônia. Testes colorimétricos para amônia têm sido utilizados ao longo dos anos. A água salgada interfere com os testes colorimétricos, mas o problema é eliminado se as amostras são destiladas antes da medição. A fim de utilizar as tabelas é necessário saber, pelo menos, a temperatura e pH. A salinidade também desempenha um papel importante, sendo este um fator adicional nos sistemas de água salgada. Outros componentes de qualidade da água que podem afetar a forma de amônia são oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, dureza e alcalinidade, embora o seu impacto seja menor, este é normalmente ignorado. A percentagem de amônia não ionizada aumenta com o aumento da temperatura e do pH e diminui à medida que a salinidade, dióxido de carbono ou dureza aumentam (STICKNEY, 2005c).

2.4.4.4 NITRITO – NO₂⁻

O nitrito é o produto intermediário na oxidação biológica da amônia a nitrato (nitrificação) e pode atingir concentrações elevadas quando ocorre poluição orgânica ou quando o teor de oxigênio dissolvido é baixo, e a presença de íons de cloro na água pode diminuir a toxicidade do nitrito (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994c).

O processo de nitrificação é a oxidação de amônia para nitrito e nitrito para nitrato. A nitrificação depende principalmente de dois grupos de bactérias: *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Estas bactérias são a base para filtração biológica com base nas seguintes reações químicas:



Elas crescem na superfície do substrato do biofiltro, e, até certo ponto, em todos os componentes do sistema de produção, incluindo: tubos, válvulas, paredes do tanque, e assim por diante. Embora o nitrito não seja tão tóxico como a amônia, que é altamente prejudicial para as espécies aquáticas e deve ser removida do sistema, suas concentrações não devem exceder 0,5 mg L⁻¹ durante longos períodos de tempo (PARKER, 2012b).

De acordo com Stickney (2005c), o nitrito pode atingir níveis tóxicos em sistemas de recirculação, se as bactérias necessárias para transformar nitrito em nitrato não estiverem presentes, ou então presentes em número insuficiente. Nitrito também pode ocorrer em viveiros de águas tropicais e *raceways* que contêm alta biomassa de indivíduos cultivados.

O nitrito é um importante parâmetro de qualidade da água sendo necessário monitorar e corrigir, se limites aceitáveis forem excedidos. O nitrito é tóxico porque afeta a capacidade da hemoglobina do sangue de transportar oxigênio. Quando o nitrito entra na corrente sanguínea, que oxida o ferro na molécula de hemoglobina do estado ferroso para o estado férrico. O produto resultante é chamado metahemoglobina, que tem uma cor castanha característica, daí o nome comum "doença do sangue castanho". A quantidade de nitrito que entra no sangue depende da razão de nitrito de cloreto na água, na medida em que há um aumento dos níveis de cloreto a uma redução na quantidade absorvida de

nitrito. Os níveis de cloro podem ser aumentados pela adição de sal comum (cloreto de sódio) ou cloreto de cálcio (TIMMONS; EBELING, 2013b).

A tolerância ao nitrito varia consideravelmente de acordo com a genética e a linhagem genética do animal, assim como pela fase do ciclo de vida da espécie a ser avaliada. Além disso, outros parâmetros de qualidade da água, tais como salinidade, nível de amônia, nível de nitrato e temperatura afetará a tolerância ao nitrito. Nitrito é medido através de um teste colorimétrico. São necessários os reagentes adequados, juntamente com um espectrofotômetro ou colorímetro (STICKNEY, 2005c).

2.4.4.5 NITRATO – NO₃⁻

O nitrato é o produto final do processo de nitrificação, e é o menos tóxico dos compostos de nitrogênio (TIMMONS; EBELING, 2013b; HUGUENIN; COLT, 2002b), com um valor LC₅₀ (concentração letal) 96 h geralmente superior a 1.000 mg NO₃⁻ L⁻¹ (TIMMONS; EBELING, 2013b). Em sistemas de recirculação, níveis de nitrato são geralmente controlados por trocas de água diários. Em sistemas com pouca troca de água ou tempo de retenção hidráulica elevado, a desnitrificação tornou-se cada vez mais importante (TIMMONS; EBELING, 2013b).

De acordo com Stickney (2005c) meios fluidizados anaeróbicos podem ser usados para remover o nitrato, convertendo-o em gás nitrogênio. Essa reação é também produzida por certos tipos de bactérias que crescem em ambientes que são ausentes de oxigênio. Enquanto nitrato geralmente não é um problema em sistemas abertos de aquicultura, pode construir-se a níveis tóxicos em sistemas fechados de recirculação que operam por um longo período de tempo, de modo que a conversão de gás de nitrogênio é uma opção que deve ser considerada. Algumas espécies utilizadas em aquicultura podem também exibir uma baixa tolerância ao nitrato, embora a maioria possa suportar concentrações de pelo menos algumas centenas de partes por milhão (ppm).

O nitrogênio é conservado ao longo dos processos de nitrificação. Então, se 1 kg de amônia total é produzido por dia, 1 kg de nitrato será produzido. O equilíbrio na concentração de nitrato será, portanto, diretamente dependente da taxa total de troca de água através do sistema. Nitrato é relativamente não tóxico para os organismos e, como tal, não irá influenciar a taxa de controle de renovação do sistema (TIMMONS; EBELING, 2013c).

Segundo Parker (2012b) nitratos não são geralmente de grande preocupação para os aquicultores. Algumas espécies aquáticas podem tolerar concentrações

extremamente elevadas (superior a 100 mg L^{-1}) em sistemas de produção. As concentrações de nitrato geralmente não atingem níveis tão elevados nem em sistemas de recirculação, sendo o nitrato retirado do sistema durante as operações de manutenção do sistema (a remoção de sólidos decantados, através de sifonamento, ou retrolavagem do filtro com areia) ou ação de desnitrificação que ocorre dentro de um componente do sistema de tratamento, tal como um tanque de sedimentação. Desnitrificação é principalmente devido ao metabolismo do nitrato em nitrogênio, por bactérias anaeróbicas produtoras de gás nitrogênio, que é liberado para a atmosfera durante os processos de aeração.

Como o nitrito, o nitrato pode ser mensurado através de testes colorimétricos com auxílio de espectrofotômetros (STICKNEY, 2005c).

2.4.4.6 PH

O parâmetro conhecido como o pH é definido como o log negativo da concentração do íon hidrogênio. A escala de pH vai de 0 a 14 com um valor de 7 sendo neutro. Valores abaixo de 7 são ácidos, enquanto os acima são básicos. A gama de pH na maioria dos sistemas de água doce é entre 6 e 9, enquanto que o pH da água salgada é superior a 7. Uma vez que a escala de pH é uma função logarítmica, as diferenças entre os números inteiros consecutivos são uma ordem de magnitude. Ou seja, para cada aumento de uma unidade de pH, por exemplo, um aumento de pH = 6 até pH = 7, a água torna-se 10 vezes menos ácida (ou 10 vezes mais básico, dependendo de como você deseja interpretar este resultado) (STICKNEY, 2005c; PROENÇA; BITTENCOURT, 1994c).

De acordo com Huguenin e Colt (2002b), o pH normal da água do mar varia 7,9-8,2. Os valores fora deste intervalo podem indicar poluição ou troca de água em excesso. Os animais que vivem em correntes de marés e estuários podem ser muito mais tolerantes a mudanças no pH, mas um intervalo entre 7,9 para 8,2 é sugerido.

A exposição a pH extremo pode ser estressante ou letal mas são os efeitos indiretos resultantes das interações de pH com outras variáveis que são mais importantes na aquicultura. O pH controla uma grande variedade de reações de solubilidade e equilíbrio, a mais importante das quais é a relação entre as formas ionizada e não ionizada da amônia e o nitrito. O pH também afeta a toxicidade do sulfeto de hidrogênio e metais como o cobre, o cádmio, o zinco e o alumínio (TIMMONS; EBELING, 2013b).

Segundo Stickney (2005c) em sistemas de recirculação, a acumulação de ácidos orgânicos a partir de substâncias, tais como, taninos na alimentação, juntamente com a acumulação de dióxido de carbono devido à respiração, conduzirá a uma redução do pH. Para os sistemas de água doce, o pH deve ser mantido entre 6,5 e 8,5. Em sistemas marinhos, devem ser mantidos a um pH básico (superior a 7,0).

De acordo com Lekang (2013f) água com bicarbonato livre vai retirar íons H^+ da água. A quantidade de cada íon na água é relacionada com o pH: em água de pH baixo, há excesso de dióxido de carbono/ ácido carbônico, em água de pH 7 há excesso de bicarbonato, e na água de pH elevado há excesso de íon de carbonato.

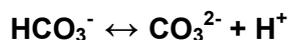
O pH da água pode ser medido com um ensaio colorimétrico, tiras de papel de tornassol ou uma sonda de pH ligado a um medidor de pH. Estes medidores podem ser adquiridos de forma relativamente barata e deve ser um produto padrão em laboratório de qualidade da água de uma instalação aquícola (STICKNEY, 2005c).

2.4.4.7 ALCALINIDADE

A alcalinidade refere-se à concentração de bases de água e é a capacidade da água em resistir às mudanças de pH para menos (poder tampão) e é expressa em carbonato de cálcio (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994c).

Segundo Timmons; Ebeling (2013b) a alcalinidade da água doce varia de menos do que 5 mg L^{-1} a mais de 500 mg L^{-1} , determinada pela geologia do aquífero ou bacia. A alcalinidade da água do mar é de cerca de $120 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$. As concentrações de alcalinidade necessários estão diretamente ligados ao pH do sistema e as concentrações de dióxido de carbono. A manutenção de concentrações de dióxido de carbono a menos do que 15 mg L^{-1} e o pH entre 7,0 e 7,4 requer uma concentração de alcalinidade inferior a 70 mg L^{-1} de CaCO_3 (condição de pH elevado) para 190 mg L^{-1} de CaCO_3 (condições de pH baixo).

De acordo com Lekang (2013f), a alcalinidade da água é uma medida da sua capacidade de neutralizar ácidos; em outras palavras, a sua capacidade para manter o pH constante. Se a alcalinidade da água é baixa, a flutuação do pH ocorre facilmente. O sistema carbonato representa normalmente a maior parte da alcalinidade em sistemas de aquicultura, em conjunto com os hidróxidos (OH^-). No sistema de carbonato, os compostos são relacionados uns com os outros através de diferentes equilíbrios:



Onde o H_2CO_3 representa o ácido carbonato, HCO_3^- o íon bicarbonato, CO_3^{2-} o íon carbonato e CO_2 o dióxido de carbono. As unidades para a alcalinidade são ou mg L^{-1} de CaCO_3 ou miliequivalentes por litro (meq L^{-1}) em que 1 mEq L^{-1} é igual a 50 mg L^{-1} de CaCO_3 .

Nos últimos anos, como a densidade de estocagem em sistemas de aquicultura e o tempo de detenção hidráulica aumentou, a relação entre pH e alcalinidade tornou-se uma questão importante. Este relacionamento exige um acompanhamento cuidadoso e ajuste de ambos os níveis de alcalinidade e de dióxido de carbono para manter o pH ótimo para as espécies aquáticas cultivadas e os biofiltros. A alcalinidade é facilmente ajustada através da adição de bicarbonato de sódio (NaHCO_3), bicarbonato de sódio comum. Outros compostos podem ser utilizados, mas o bicarbonato de sódio é comercialmente disponível em embalagens de 23 a 45 kg (50 a 100 lbs), sendo de baixo custo e fácil aplicação. Tem elevada solubilidade em água e dissolve-se rapidamente à temperatura ambiente. A regra geral é que para cada libra (453 g) de alimentação, cerca de 0,25 lbs (113 g) de bicarbonato de sódio deve ser adicionado à água. As concentrações de dióxido de carbono são rotineiramente controladas por meio de sistemas de retirada de gases (TIMMONS; EBELING, 2013b).

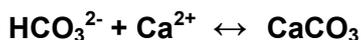
Os aquicultores desejam que os níveis de alcalinidade na água doce fiquem entre 30 e 200 mg L^{-1} CaCO_3 , apesar de níveis mais altos e mais baixos estarem sendo usados em muitos casos. O nível mínimo recomendado é 20 mg L^{-1} CaCO_3 . Abaixo deste nível, a água tem pouquíssima capacidade para resistir a mudanças no pH. Fontes de carbonato, tais como, calcário ou conchas de ostra, constituídas por carbonato de cálcio, podem ser adicionados na água dos sistemas de cultivo, para disponibilizar uma fonte de íon carbonato (STICKNEY, 2005c).

A água do mar tem uma elevada capacidade tampão e contém íons carbonato livres (CO_3^{2-}) e/ ou íons bicarbonato (HCO_3^-), que, semelhante ao calcário, vai reagir com íons H^+ e aumentar o pH. A adição de 2-4% de água do mar na água doce irá aumentar o pH e a capacidade de tamponamento (LEKANG, 2013f).

2.4.4.8 DUREZA TOTAL

De acordo com Lekang (2013f); Timmons e Ebeling (2013b), a dureza é muitas vezes confundida com a alcalinidade, principalmente porque pode ser expressa utilizando as mesmas unidades, mg L^{-1} de CaCO_3 . Para Lekang (2013f), no entanto, a dureza é um termo para a soma de todos os íons de metal na água. Esta é dominada pelos cátions bivalentes de cálcio (Ca_2^+) e magnésio (Mg_2^+), mas os íons de manganês (Mn_2^+), ferro (Fe_2^+), sódio (Na^+) e potássio (K^+) também podem ser importantes. Devido ao cálcio e magnésio, uma água com alta dureza também pode ter alta alcalinidade, mas não é necessariamente uma regra. Se, por exemplo, sódio e potássio são responsáveis pela alcalinidade, a dureza pode ser baixa.

Para Stickney (2005c), a concentração de cátions bivalentes em uma amostra de água é chamada de dureza. Os cátions bivalentes dominantes são o cálcio e o magnésio. A dureza é determinada através de um processo de titulação e, como a alcalinidade, é expressa em mg L^{-1} ou partes por milhão (ppm) de carbonato de cálcio (CaCO_3). Tanto a alcalinidade quanto a dureza são relacionadas ao carbonato de cálcio, muitos consideram as duas variáveis como a mesma coisa, mas elas claramente não são. A alcalinidade é lida com ânions, enquanto a dureza diz respeito a cátions. É bem possível, e rotineiramente acontece, quando uma é elevada a outra pode ser baixa. Água muito dura, com elevada alcalinidade é encontrado em algumas áreas. Nesse caso, se a dureza é devido a uma elevada concentração de cálcio (o que é comum), a reação irá ocorrer para produzir carbonato de cálcio, como mostrado pela reação seguinte:



Segundo Timmons e Ebeling (2013b) se a alcalinidade da água se origina a partir de calcário, as concentrações de dureza e alcalinidade podem ser semelhantes, se não idênticas. Por outro lado, em muitas áreas de planícies costeiras as águas subterrâneas têm concentrações muito baixas de dureza e alta alcalinidade. Aquíferos em regiões de basalto e granito, muitas vezes têm águas de baixa dureza total e baixa alcalinidade, devido à baixa solubilidade destes minerais. Se água com baixa dureza e baixa alcalinidade é utilizada para a aquicultura, esta deve ser "endurecida" pela adição de cálcio dissolvido. O cálcio e o magnésio também diminuem a toxicidade de metais dissolvidos.

Segundo Lekang (2013f) o seguinte sistema de classificação da água pode ser utilizado para dureza: água com baixa dureza, dureza inferior a 50 mg L^{-1} de CaCO_3 ; água moderadamente dura, $50\text{-}150 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 ; água dura, $150\text{-}300 \text{ mg L}^{-1}$ CaCO_3 ; água muito dura, acima de 300 mg L^{-1} de CaCO_3 .

Já para Stickney (2005c) a água com baixa dureza é definida como tendo uma dureza variando entre 0 e 55 mg L^{-1} de CaCO_3 . Água muito dura tem uma dureza que varia de 201 a 500 mg L^{-1} . Para valores entre 55 e 201 mg L^{-1} de CaCO_3 , as águas são consideradas como: pouco duras para valores entre 56 e 100 mg L^{-1} de CaCO_3 ou moderadamente duras para valores entre 101 e 200 mg L^{-1} de CaCO_3 . Qualquer valor acima de 500 mg L^{-1} de CaCO_3 é considerado como sendo extremamente difícil.

Timmons e Ebeling (2013b) reportaram que a dureza total das águas naturais varia de menos do que 5 para mais de 10.000 mg L^{-1} de CaCO_3 .

2.4.4.9 SALINIDADE

Segundo Stickney (2005c), a água é definida como doce quando tem uma de salinidade $\leq 0,5$ ppt. O paladar humano começa a detectar salinidade na água quando esta atinge cerca de 2 ppt. As águas marinhas são aqueles com salinidade ≥ 30 e < 40 ppt, enquanto águas hipersalinas ou salmouras são águas com ≥ 40 ppt de salinidade. Estuários são regiões onde os rios entram no mar e a água do mar é diluída por água doce e tem salinidades variando entre água doce e água do mar ($> 0,5$ a 30 ppt).

De acordo com Huguenin e Colt (2002b) a salinidade da água do mar pode variar entre mais de 1 a 40 g kg^{-1} . A salinidade pode ser facilmente medida por utilização de condutividade ou métodos de refração. Os critérios de qualidade da água para salinidade também vão depender da espécie e fase de vida. Tal como acontece com a temperatura, organismos diferentes podem ter tolerâncias largas ou estreitas, e rápidas mudanças podem ser muito estressantes, mesmo dentro do intervalo aceitável.

Stickney (2005c) declarou que a salinidade é basicamente a quantidade de elementos e íons na água após a matéria orgânica e o material particulado em suspensão serem removidos, produzindo um resultado em gramas por quilograma. A salinidade foi considerada uma variável com as unidades apresentadas em partes por mil (também 'por mil', ppt, ou ‰). Recentemente, oceanógrafos têm debatido sobre se a salinidade deve ter unidade ou é um número sem unidade. Como a maioria dos aquicultores ainda estão familiarizados apenas com a salinidade medida em ppt, esta terminologia ainda será predominantemente utilizada.

Parker (2012c) afirmou que a salinidade da água salgada varia de 30 a 35 partes por mil (ppt) e da água salobra de 1 a 10 ppt. O cultivo de camarões, ostras e algas são exemplos de maricultura onde o cultivo se desenvolve em água salgada.

Para Timmons e Ebeling (2013b), a água é comumente descrita como: doce, salobra ou salgada. Cada uma destas condições refere-se a salinidade da água. Os principais contribuintes dissolvidos são íons de potássio, cálcio, sódio, bicarbonato, cloreto e sulfato. A salinidade das águas naturais tendem a refletir o clima, geografia e condições hidrológicas das imediações. Cada espécie aquática tem uma faixa ideal de salinidade para a reprodução e crescimento, embora a tolerância à salinidade da maioria das espécies de aquicultura seja bastante ampla.

Há diversas maneiras de medir a salinidade. O método original de medição era anteriormente por titulação. Conhecendo a densidade e temperatura da água, a salinidade pode ser calculada, uma vez que tabelas foram desenvolvidas para ajudar no processo. A condutividade elétrica de uma amostra de água também se refere a salinidade. Talvez o método mais fácil de determinar a salinidade seja através da medição do índice de refração da água. Isto é facilmente conseguido com um salinômetro, ou refratômetro (STICKNEY, 2005c).

Salinidade é a medida da concentração total de todos os íons dissolvidos em água. O cloreto de sódio (NaCl) é o principal composto iônico em água do mar, mas a maioria das águas interiores contêm concentrações substanciais de outros compostos iônicos (sais), tais como: compostos de sulfato e carbonato. A salinidade também pode ser medida de acordo com a densidade dos sais que compõem a água, pela refração na luz, ou por condutividade elétrica (PARKER, 2012d).

2.4.4.10 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Segundo Spellman (2008a) a condutividade é uma medida da capacidade da água passar uma corrente elétrica. Condutividade em água é afetada pela presença de sólidos dissolvidos inorgânicos tais como cloreto, nitrato, sulfato, fosfato e ânions (íons que carregam uma carga negativa), ou de sódio, magnésio, cálcio, ferro e cátions de alumínio (íons que carregam uma carga positiva). Compostos orgânicos, como óleo, fenol, álcool e açúcar não conduzem corrente elétrica muito bem, e, portanto, têm uma baixa condutividade, quando na água.

A condutividade também é afetada pela temperatura: quanto mais aquecida a água, maior a condutividade. A condutividade pode ser utilizada como uma unidade para

determinar a dureza, sendo medida como microsiemens por cm ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (STICKNEY, 2005c).

De acordo com Müller (1999) a condutividade aumenta com a temperatura e pressão. Um perfil oceânico típico mostrará primeiro a condutividade diminuindo com a temperatura quando o efeito da temperatura é dominante. Em seguida, as alterações na temperatura torna-se muito pequenas, e a condutividade do oceano profundo irá aumentar com a pressão.

A unidade básica de medição de condutividade é o mho ou siemens. A condutividade é medida em micromhos por centímetro ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) ou microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Água destilada tem condutividade em torno de 0,5-3 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$. A condutividade de rios nos Estados Unidos, geralmente varia de 50 a 1.500 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$. Estudos em água doce indicaram que águas com intervalo entre 150 e 500 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, possuem elevada população de peixes. Condutividade fora deste intervalo pode indicar que a água não é adequada para determinadas espécies de peixes ou macroinvertebrados. Nas águas industriais pode variar para até 10.000 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ (SPELLMAN, 2008a).

Substâncias iônicas dissolvidas podem ser medidas por condutividade elétrica. Em pesquisas de laboratório pode ser apresentada como condutividade específica. De uma medida elétrica, tabelas podem ser usadas para converter os valores para diferentes unidades como: toneladas/ acre ou pés, ppm, grãos/ galão, entre outras. Condutividade na superfície de água no ambiente varia de 50 a 1.500 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ (PARKER, 2012d).

2.4.4.11 FOSTATO – PO_4^{3-}

Fósforo é um nutriente essencial que contribui para o crescimento de algas e a eutrofização de lagos, embora a sua presença na água potável tenha pouco efeito sobre a saúde. Em ambientes aquáticos, o fósforo encontra-se sob a forma de fosfato e é um nutriente limitante. Se todo fósforo é utilizado, o crescimento das plantas cessa, não importa a quantidade de nitrogênio disponível. Muitos corpos de água experimentam atualmente fluxos de nitrogênio e fósforo de fontes externas. A crescente concentração de fósforo disponível permite as plantas assimilar mais nitrogênio antes do fósforo está esgotado. Se há fósforo suficiente disponível, altas concentrações de nitratos levarão a produção de fitoplâncton (microalgas) e macrófitas (plantas aquáticas) (SPELLMAN, 2008b).

O fósforo desempenha um papel chave em muitas moléculas, tais como ácidos nucleicos, proteínas e fosfolipídios (os últimos são componentes importantes das membranas). No entanto, o seu papel mais importante é na transferência de energia por meio de ATP e outros compostos de alta energia na fotossíntese e respiração e em moléculas "*priming*" para vias metabólicas (LOBBAN; HARRISON, 2004).

Embora ocorra em baixa concentração na água o fósforo é o nutriente com maior fator de concentração no fitoplâncton, seguido pelo nitrogênio e carbono. Há menos P, N e C nos ecossistemas aquáticos naturais do que o necessário para assegurar um adequado crescimento do fitoplâncton. Invariavelmente, o fósforo é o nutriente mais limitante, embora possam existir águas onde outros nutrientes além do fósforo, do nitrogênio e do carbono limitam o crescimento do fitoplâncton (KUBITZA, 2003).

Para Valiela (2006), organismos produtores costeiros, quase invariavelmente, encontram uma quantidade menor de nitrogênio disponível do que de fosfato, pois exigem uma proporção de aproximadamente 16 átomos de nitrogênio para um de fosfato para que o crescimento ocorra. Já em águas que cobrem recifes de coral o nitrogênio inorgânico dissolvido e o fosfato são encontrados em baixas concentrações. Isto ocorre, provavelmente, devido a grande quantidade de organismos localizados nestes ambientes.

As concentrações dos principais nutrientes (macronutrientes) como o fosfato e dos nutrientes que são elementos traços (micronutrientes), aumentam com a profundidade no oceano (TUREKIAN, 2010).

2.4.5 COMPONENTES DOS SISTEMAS AQUÍCOLAS – RECIRCULAÇÃO

2.4.5.1 BOMBAS

Bombas são dispositivos mecânicos que dão energia aos fluidos, transformando a energia mecânica (normalmente de motores elétricos) a energia potencial e/ ou cinética do fluido. O aumento da energia potencial é ilustrado pela elevação de água, na unidade de cultivo, enquanto que o aumento da velocidade e, portanto, a taxa de fluxo através de tubulação por bombeamento aumenta a energia cinética da água. As bombas são normalmente utilizadas em sistemas de aquicultura, geralmente, para aumentar a pressão do sistema e deste modo forçar a água a se deslocar (LEKANG, 2013g).

Para Huguenin e Colt (2002c) existem muitos tipos de bombas (Quadro I), embora poucos sejam ideais para serem utilizados como bombas de alimentação principal em sistemas de cultivo. Bombas axiais e de fluxo misto são amplamente utilizadas na

aquicultura, mas em situações de baixa pressão e alto fluxo. Estas bombas geralmente envolvem operações em viveiros ou *raceways*, ou ainda em sistema de abastecimento em canal aberto. Na grande maioria das aplicações são utilizadas bombas radiais (também chamadas de centrífugas). A determinação do melhor tipo de bomba para uma determinada aplicação depende de um parâmetro adimensional chamado velocidade específica. Este parâmetro, é em função da taxa de fluxo desejada e as condições de utilização.

Quadro I - Classificação das bombas, principalmente, para suprimento de água do mar.

Radial ou centrífuga	Modelos bem adaptados para baixo fluxo, e alta pressão. Tipo mais comum usado em aplicações para água salgada.
Axial	Também chamado de bombas de pistão, bem adequado para alto fluxo e aplicações de baixa pressão. Comumente usada para ser aplicada em projetos com grandes viveiros e <i>raceways</i> .
Fluxo misto	Para aplicações com combinação de dispositivos axiais e radiais.
Alternativa	Estes são bombas de deslocamento positivo e incluem bombas de pistão e diafragma; pode ser usada para aplicações em elevada pressão, que não são normalmente encontrados em sistemas com água do mar. Também comumente usados como bombas dosadoras.
Rotativa	Estes incluem bombas parafuso, rotor, palhetas e peristálticas. São adequadas para aplicações de baixa pressão e alto fluxo, e outras inúmeras funções auxiliares.
Outras	<i>Air-lift</i> , jato, hidráulicas, nenhuma das quais é ideal para utilização em sistemas para abastecimento de água do mar; <i>air-lift</i> são usados para circulação em tanques.

Fonte: Adaptado de HUGUENIN; COLT (2002c).

Segundo Chinn (2009) os tipos de bomba comumente utilizados para elevar e distribuir a água são denominados como de deslocamento positivo, incluindo: bomba de movimento alternativo, bomba com diafragma e rotatória; as centrífugas, incluindo as com pistão, submersível e bomba de injeção; as *air-lifts*; e as hidráulicas. As bombas são classificadas como de baixa elevação, alta elevação, poço profundo, impulsão e espera.

Parker (2012e) afirmou que o fator decisivo em qualquer instalação de produção aquícola, está nos custos de operação. Custos de bombeamento contribuem significativamente para os custos operacionais. Os gastos com bombeamento incluem: o combustível, depreciação da bomba e do sistema, juros e custos de manutenção do bem e equipamento de bombeamento.

De acordo com Huguenin e Colt (2002c) a viabilidade e a flexibilidade de um sistema de bombeamento dependem mais do que apenas da seleção das bombas, depende, também, em grande parte da acessibilidade as bombas e peças (como os

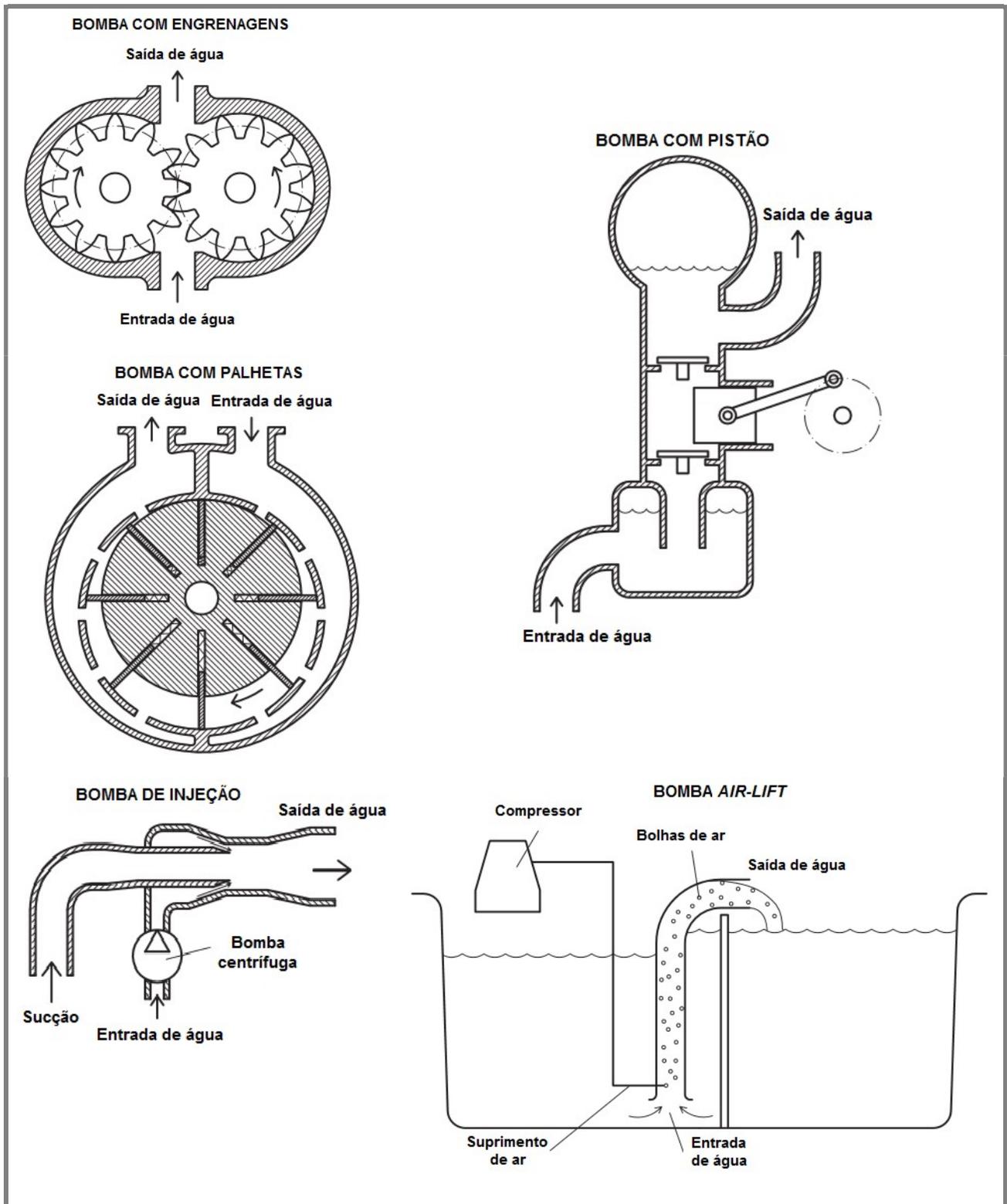
impulsores), capacidade de monitorar o desempenho da bomba, e flexibilidade de uso inerente à tubulação e conexões cruzadas na área imediata das bombas. O diâmetro das linhas de sucção e descarga são muitas vezes maiores do que as linhas e conexões de sucção e descarga nas bombas. As transições dos tubos maiores para os de menores diâmetros devem ser o mais perto da bomba quanto possível, especialmente no lado de sucção. Isso irá minimizar as perdas por atrito do lado de sucção.

Segundo Lekang (2013g) bombas são normalmente utilizados em sistemas de aquicultura, geralmente, para aumentar a pressão do sistema e deste modo forçar a água a deslocar contra um gradiente de energia. Na maioria das situações, em aquicultura, bombas são utilizadas para levantar água de um nível para outro. A água vai fluir somente quando a energia está disponível para criar um fluxo, isto é, existe um gradiente de energia positiva. Em sistemas hidráulicos bombas são usadas para criar a pressão, que é normalmente elevada. Isso permite que o fluido trabalhe, semelhante ao movimento de eixos ou a extensão de um cilindro hidráulico de encontro a uma carga. O óleo é geralmente usado em tais sistemas, mas aqueles usando água, também estão disponíveis.

Para Timmons e Ebeling (2013b) a pressão do vapor da água pura é em função da temperatura e aumenta com o aumento da temperatura. A adição de sal à água reduz a pressão do vapor. Num tubo fechado, a água pode mudar de fase do estado líquido para vapor por causa de uma redução da pressão, embora a temperatura continue sem alteração. Isto pode ocorrer no lado de sucção do tubo, onde o vapor se forma em regiões locais de baixíssima pressão e, em seguida volta ao estado líquido quando se desloca para regiões de maior pressão a jusante. Este processo é chamado de cavitação. Quando uma bomba está em cavitação, há um colapso devido as bolhas formadas, com a grande quantidade de energia, que pode causar danos consideráveis nas bombas e tubulações.

Bombas são máquinas bastante eficientes para a transferência de energia para água, desde que sejam corretamente selecionados para o trabalho. O principal requisito ao selecionar uma bomba é a que deve haver uma correlação estreita entre os requisitos do sistema e da eficiência operacional máxima da bomba; seleção de bomba abaixo do ideal pode resultar em significativo aumento dos custos operacionais e de manutenção e/ou resultar em falha do sistema. Existem vários tipos de bomba com base em princípios diferentes (Figura 27). O tipo de bomba escolhido depende de um número de fatores, incluindo a quantidade de fluido a ser bombeado e as suas características (LEKANG, 2013g).

Figura 27 - Diagrama mostrando os principais tipos de bombas.



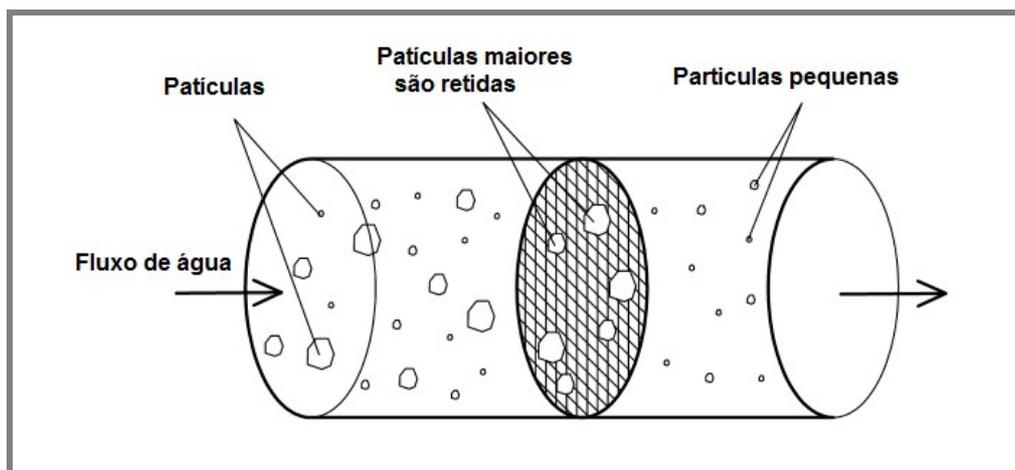
Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013g.

2.4.5.2 FILTROS PARA REMOÇÃO DE PARTÍCULAS – FILTROS MECÂNICOS

Os principais componentes dos alimentos utilizados na produção aquícola são: proteínas, carboidratos, lipídeos, cinzas e umidade. A porção de alimento não utilizada pelos organismos é excretada como resíduos orgânicos sólidos (fezes). As bactérias quebram estes sólidos fecais, juntamente com os alimentos não consumidos, no sistema, havendo um consumo do oxigênio e produção de amônia. Para minimizar o seu impacto sobre a qualidade da água, os sólidos residuais precisam ser removidos do cultivo o mais rápido possível. Os resíduos sólidos podem ser classificados em quatro categorias: **(1)** Sedimentáveis; **(2)** Suspensos; **(3)** Flutuantes; e **(4)** Sólidos dissolvidos (PARKER, 2012b).

Para Lekang (2013h) um filtro mecânico é uma obstrução no fluxo de água e que está configurada para recolher as partículas e objetos maiores e permitir que a água passe. O princípio de um filtro mecânico é separar partículas de água através de uma obstrução, uma tela ou uma cremalheira de barra. Partículas maiores do que a abertura na tela ou a distância entre as barras serão retidas. O tipo mais simples de filtros mecânicos compreende uma tela estática, uma placa perfurada ou grelha, ou uma cremalheira de barra que é colocada no fluxo de água, e vão barrar as partículas maiores que o tamanho de sua abertura (Figura 28).

Figura 28 - Esquema de filtro com rede estática.

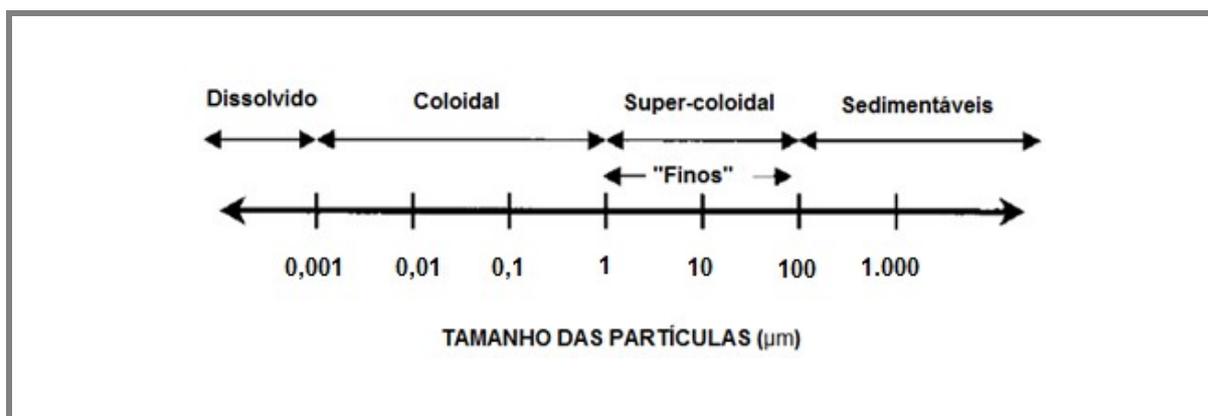


Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013h.

Segundo Summerfelt e Vinci (2013) sólidos em suspensão afetam negativamente todos os aspectos de um sistema de recirculação em aquicultura (RAS), de modo que o primeiro objetivo de qualquer esquema de tratamento de recirculação é a remoção de resíduos sólidos. Existem sólidos de diversos tamanhos, sendo o termo "sólidos finos" utilizado para identificar as partículas sólidas que não são facilmente decantáveis a partir da coluna de água, por exemplo, $<100 \mu\text{m}$ (Figura 29). Como um prelúdio para o entendimento das descrições da distribuição de tamanho e a contribuição em peso das diferentes classes de tamanho, é importante saber que as amostras são geralmente pré-filtradas para remover partículas grandes, isto é, $>200 \mu\text{m}$. A contribuição destes sólidos grandes para medições dos sólidos suspensos totais (TSS) é adicionada à concentração de sólidos obtida a partir da água filtrada quando TSS é relatado para a caracterização do desempenho de um sistema. Em aplicações práticas, estas partículas maiores devem sempre ser removidas em primeiro lugar, devendo ser um foco primário, uma vez que, se não forem extraídas, elas tornam-se as mais difíceis de serem retiradas.

Já para Lekang (2013h), as partículas podem ser classificadas ser denominadas como aquelas menores que $0,001 \mu\text{m}$ que são classificadas como solúveis ou dissolvidas, aqueles de $0,001-1 \mu\text{m}$ como coloidal, as de $1-100 \mu\text{m}$ como super coloidais e aqueles maiores do que $100 \mu\text{m}$, como sedimentáveis (Figura 29). Alguns nutrientes podem ser totalmente dissolvidos na água, o que significa que eles não podem ser removidos com um filtro de partículas tradicional, mas apenas por outros métodos tais como filtro fracionador de espumas ou de filtração por membrana.

Figura 29 - Características do tamanho do sólido na aquicultura.



Fonte: Adaptado de SUMMERFELT; VINCI, 2013.

Vários métodos podem ser usados para fazer a autolimpeza da tela. Uma separação simples pode ser feita por retrolavagem, aspiração ou vibrações mecânicas do pano do filtro. Se a vibração mecânica é usada, a tela de filtro irá se agitar e as partículas presas irão cair por gravidade. Se tal equipamento é utilizado, a tela do filtro tem que ser instalada num ângulo em relação ao plano horizontal, este método não é amplamente empregado na aquicultura (Figura 30) (LEKANG, 2013h).

Figura 30 - Sistema em que a tela estática é retrolavada para evitar bloqueio.



Fonte: LEKANG, 2013h.

De acordo com Stickney (2005a) filtragem mecânica é utilizada para remover os sólidos. Os filtros com areia são usados frequentemente e muito eficazes quando as cargas de sólidos não são muito altas (Figura 31). Os filtros com areia tendem a obstruir rapidamente quando os espaços dos poros entre os grãos de areia estão cheios. O fluxo de água terá tendência a canalizar através da areia, nesse momento a eficiência do filtro será muito reduzida. Retrolavagem do filtro para remover os sólidos acumulados é necessário periodicamente - às vezes tão frequentemente como duas ou mais vezes por dia. Filtros com cascalho são menos eficientes do que os com areia, mas irão funcionar sem retrolavagem por um longo período de tempo.

Há diferentes tipos de filtros, aqueles que funcionam à pressão atmosférica normal e aqueles que são pressurizados (Figuras 31 e 32). Em um filtro pressurizado o meio está dentro de uma câmara selada, com o mesmo fluxo de um filtro

despressurizado. Quando um filtro pressurizado começa a acumular partículas em excesso, a pressão vai aumentar e as partículas irão ser empurradas mais para baixo no meio do elemento filtrante; em última análise, tal filtro irá tornar-se totalmente bloqueado, mas leva mais tempo do que em um filtro despressurizado, para que isto ocorra. As vantagens dos filtros pressurizados é que apenas uma parte um pouco superior à altura média do filtro é utilizada (Figura 32) e que o intervalo de retrolavagem é maior. Para usar um filtro de pressão é necessário pressurizar a água a ser purificada, normalmente até 6-8 bar (LEKANG, 2013h).

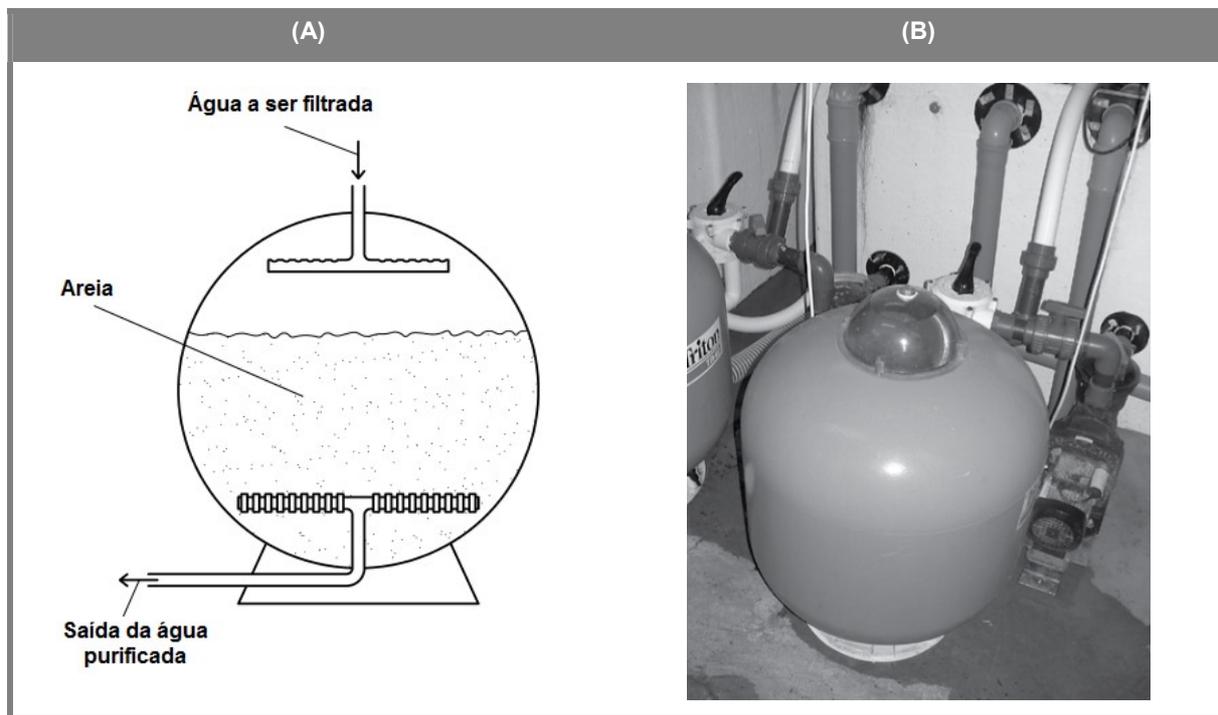
Figura 31 - Grandes filtros com areia que podem ser usados em diferentes sistemas: de fluxo contínuo e de recirculação, para remover os sólidos em suspensão da água.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

Para Huguenin e Colt (2002d) um exemplo de filtro mecânico que pode ser utilizado são os filtros com saco, que são feitos geralmente de *nylon* ou de polipropileno na forma de um saco e ligado a um anel semiflexível com a parte superior aberta. Eles são colocados na extremidade de um tubo por um ducto em forma de disco. Eles normalmente liberam a água sobre ou dentro de um tanque, e vários podem ser usados em paralelo.

Figura 32 - Filtro pressurizado possuindo sistema para retrolavagem: (A) Desenho esquemático de um filtro com areia; e (B) Filtro com areia em uso.



Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013h.

Algumas instalações utilizam filtros com cascalho, seguido de filtros com areia para que as partículas grandes sejam removidas pelo filtro com cascalho, para aumento do tempo requerido entre retrolavagens do filtro com areia. Filtros com cascalho também exigem retrolavagem quando o meio torna-se obstruído com partículas. Vários outros meios para filtros, também têm sido utilizados. Por exemplo, filtros com cartucho que podem ser utilizados para remover partículas muito finas a partir da água que já tenha recebido filtração através do filtro com areia (Figura 33) (STICKNEY, 2005a).

De acordo com Huguenin e Colt (2002d) filtros com cartucho podem ser utilizados diretamente na linha de água do mar sob pressão. O cartucho descartável está usualmente num recipiente transparente de pequenos tamanhos, o que facilita a sua troca. Substituição exige desligar o sistema, o que não seria aceitável para o uso em sistemas de água marinha. Múltiplas unidades de filtro podem ser colocadas em paralelo para aumentar a capacidade de escoamento. Estes cartuchos podem ser trocados, o que proporciona uma considerável flexibilidade operacional para atender às exigências do sistema. Perdas de carga para os filtros que retêm partículas mais finas quando limpos pode ser tão baixa, quanto cerca de 16 ft (5 m), aumentando à medida que o cartucho fica

sujo. É importante monitorar continuamente a vazão através do cartucho, geralmente visualmente através da descarga no tanque.

Figura 33 - Filtros com cartucho que podem ser usados para remover partículas muito finas presentes na água.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

2.4.5.3 FRACIONADOR DE ESPUMA – SKIMMER

De acordo com Lekang (2013i) *skimmer*, também chamado de fracionador de espuma, é um processo que remove as impurezas da água contaminada. Tipicamente, as bolhas de ar são introduzidas na parte inferior de uma coluna de água e à medida que sobem para a superfície e adsorvem partículas, coloides e substâncias dissolvidas. O

processo básico é chamado de separação por adsorção em bolha (ABS): processos físicos e químicos ocorrem na interface gás-líquido para remover as impurezas da água.

Huguenin e Colt (2002e) afirmaram que o fracionamento de espuma, age pela remoção pelo ar e flotação de espumas, atua removendo da superfície materiais orgânicos dissolvidos e sólidos suspensos, que podem ser produzidos no sistema de cultivo. Se a aeração é forte, o processo também pode conduzir a amônia e os componentes voláteis diretamente para a atmosfera. Os benefícios adicionais incluem a remoção de partículas finas e excelente aeração. O processo pode ser muito eficiente, mas em alguns sistemas, sua aplicação tem sido decepcionante. Pode ser muito sensível a pequenos detalhes de design e na escolha de valores de variáveis operacionais. O processo pode ser mais eficaz para aplicação em água marinha, especialmente em sistemas com menor aporte de nutrientes. Pode ser combinado com a ozonização, alguns técnicos recomendam, por razões de controle do sistema, separar os dois processos não usando ozônio no gás de alimentação do fracionador de espuma, mas aplicá-lo separadamente. O equipamento, ao contrário dos biofiltros, não requer muito espaço e a manutenção é geralmente mínima. Por vezes é utilizado em combinação com biofiltros em vez de como um substituto.

Segundo Lekang (2013i) o processo de fracionamento é realizado através da adição de um gás (ar) é criada uma interface ar-água que separa as impurezas da água. A probabilidade de separação de uma partícula a partir da água (na aquicultura) depende da carga elétrica (polar ou iônica) e/ ou propriedades hidrofóbicas (grau de umidade) da impureza em relação à bolha e água. É possível categorizar três mecanismos principais na separação: **(1)** Partículas/ atração do coloide; **(2)** Difusão/ fixação; e **(3)** Partícula/ função coloide, fixação no núcleo das bolhas.

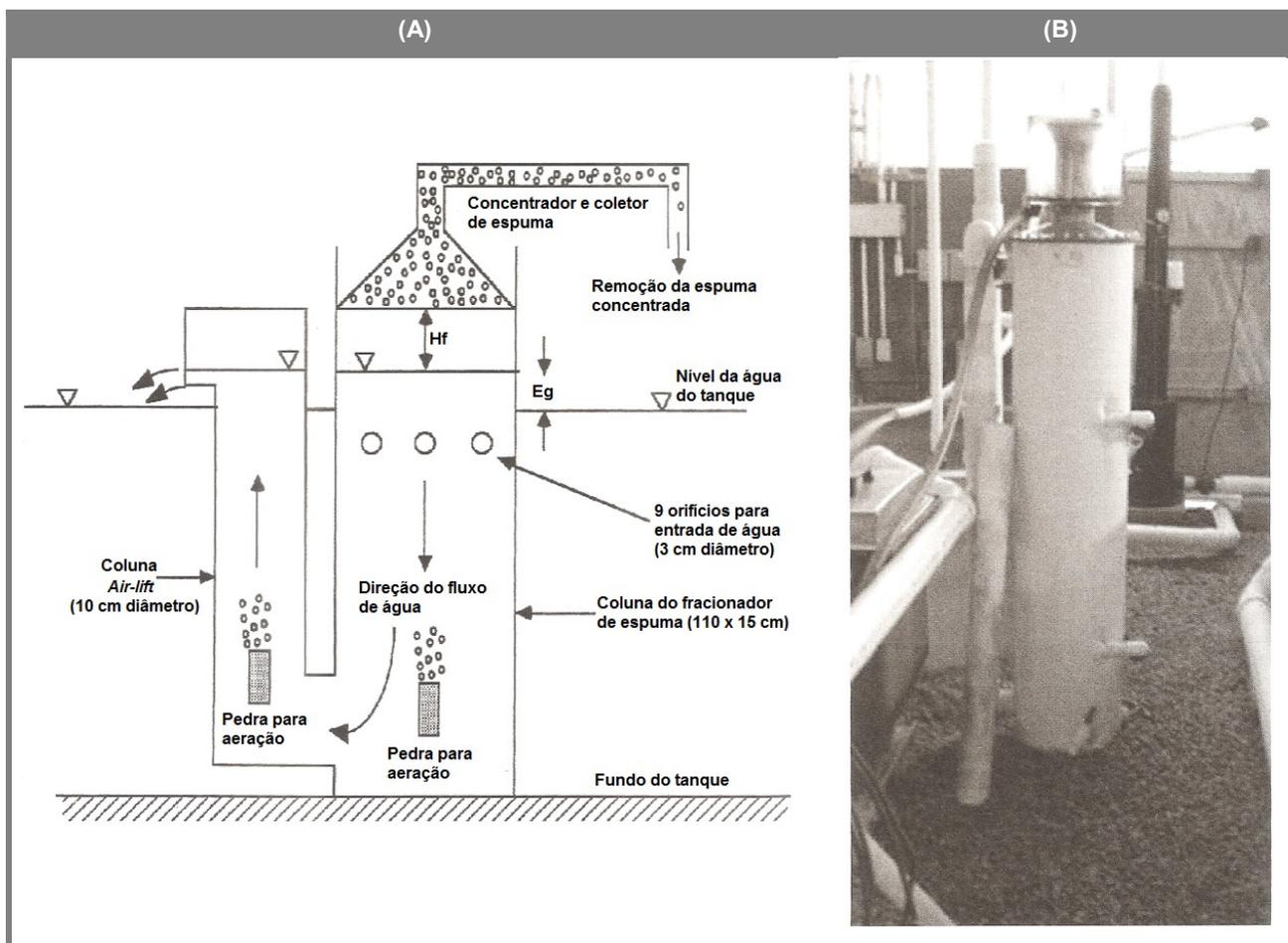
Stickney (2005d) declarou que proteínas dissolvidos acumulam-se em sistemas de recirculação, que irá produzir espuma. Vários tipos de fracionadores de espuma têm sido desenvolvidos para a remoção da espuma que reduz o nível de material orgânico dissolvido na água.

Para Summerfelt e Vinci (2013) a formação de espuma é o resultado da presença de surfactantes, agentes surfactantes que estão presentes na proteína. Assim, um peixe morto que é moído através de uma bomba ou é deixado no tanque para decompor irá fornecer uma grande quantidade de agente surfactante, que irá por sua vez resultar na formação imediata e perceptível de espuma (Figura 34). O fracionador de espuma é considerado um dos poucos processos que são eficazes na remoção de sólidos finos a partir de um sistema de recirculação (RAS). De fato, o condensado de espuma consiste

principalmente de compostos orgânicos dissolvidos e de partículas menores do que 30 μm . Fracionamento de espuma é mais eficaz em sistemas de água do mar do que em sistemas de água doce, uma vez que a tensão superficial na água do mar é mais elevada do que na água doce.

Os *skimmers* estão se tornando cada vez mais comuns em instalações aquícolas para o tratamento da água de entrada, em viveiros, em sistemas de recirculação e tratamento de água para efluente, porque é um sistema simples e de baixo custo. Na aquicultura, *skimmers* ou fracionadores de espuma são normalmente utilizados na purificação de água, com a remoção de contaminantes na forma de espuma (LEKANG, 2013i).

Figura 34 - Fracionador de espuma: **(A)** Desenho esquemático de fracionador de espuma tipo *air-lift*; e **(B)** Fracionador de espuma em uso.



Fonte: Adaptado de SUMMERFELT; VINCI (2013)

2.4.5.4 FILTRO BIOLÓGICO

Para Stickney (2005a) um biofiltro é um dispositivo ou câmara que contém algum tipo de substrato sobre o qual as bactérias aeróbias irão crescer. A função das bactérias é mudar a forma do nitrogênio na água a partir de um composto altamente tóxico para uma forma basicamente não tóxica. Animais aquáticos excretam nitrogênio como um produto residual. Isto pode estar em diferentes formas, sendo a mais comum para as espécies cultivadas a amônia encontrada dissolvida na água como amônia altamente tóxica não ionizada (NH_3) ou menos tóxica a amônia ionizada (NH_4^+). O trabalho das bactérias no biofiltro é converter amônia em nitrato (NO_3^-). Isto é conseguido em dois passos. As bactérias *Nitrosomonas* convertem amônia em nitrito (NO_2^-), que também é tóxico. Um segundo grupo de bactérias, *Nitrobacter*, em seguida, converte o nitrito em nitrato.

Segundo Timmons e Ebeling (2013d) os seguintes termos são utilizados na concepção e caracterização de biofiltros:

- (1) Espaço vazio é o volume não ocupado pelos meios do biofiltro, o índice de vazios é o volume do meio dividido pelo volume total do biofiltro. Altas taxas de vazios reduzem o entupimento por ter grandes espaços abertos que permitem os sólidos para passar facilmente através do filtro;
- (2) Área de seção transversal se refere à área do leito filtrante olhando na direção do fluxo de água. Área superior do filtro é geralmente um dos últimos parâmetros selecionados no projeto do filtro, para produzir uma taxa de carga hidráulica pretendida;
- (3) A taxa de carga hidráulica é o volume de água bombeada através do biofiltro por unidade de área da seção transversal do filtro por unidade de tempo, tipicamente expressa como gpm ft^{-2} (galões por minuto/ pés ao quadrado) ou $\text{m}^3 \text{m}^{-2}$. Geralmente, há tanto um mínimo como um máximo de taxa de carregamento hidráulico para biofiltros.

De acordo com Lekang (2013e) sob condições normais, a taxa de nitrificação depende principalmente da temperatura da água. Em 20°C um valor de 1,0 g de NH_4^+ por m^2 de área de superfície do biofiltro por dia podem ser utilizados. É normal para ter um fator de segurança na concepção do biofiltro, e um valor de 2 é bastante utilizado. A área é necessária, por conseguinte, 8.000 m^2 . O próximo passo é escolher um meio de filtração para se ajustar o volume necessário. Se a escolha de um filtro com uma área de superfície de 300 m^2 por m^3 de meio fixador, o volume total necessário será 8.000/ 300 m^3 , o que resulta em aproximadamente 27 m^3 . Projetos de recirculação utilizam filtros biológicos submersos ou por escorrimento. Uma combinação também é bastante

utilizada. A proporção recomendada se ambos forem usados é de 2: 1 a 1: 1. Isto significa que o filtro pode ter um filtro submerso com 18 m³ e um filtro biológico 9 m³.

Em seção transversal, alguns biofiltros são semelhantes aos filtros com areia. Em vez de areia, eles podem utilizar meio de calcário (concha de ostra, dolomita, calcita ou coral), ou meios feitos de plástico de várias formas e tamanhos, tais como, os utilizados em aeradores de coluna, com profundidades de cerca de 2-4 pés (0,60-1,3 m). Os substratos calcários são de baixo custo, tamponam a água do mar, e adicionam materiais de fixação necessários para as bactérias; no entanto, eles têm perdas de carga maior por atrito e são mais propensas a entupimento com sólidos e paralisação do sistema do que meios feitos de plástico. Taxas de aplicação hidráulica ficam na ordem de 1 gpm ft⁻² (0,68 lps m⁻² – litro por segundo/ metro quadrado) para meios calcários e 1,5-2,5 gpm ft⁻² (1,02-1,70 lps m⁻²) para meio de plástico. Estes valores produzem frequentemente um filtro com área de fundo aproximadamente igual ao da área de fundo total dos tanques de cultivo (HUGUENIN; COLT, 2002e).

Vários tipos de meios para biofiltro têm sido utilizados ao longo dos anos (Figura 35). Atualmente, na maioria dos casos os meios para biofiltro são elaborados de algum tipo de plástico. A demanda por meios para biofiltro é suficientemente elevada para que as empresas especializadas vendam produtos projetados especificamente para esse uso. Várias formas de meios para filtro têm sido utilizados. Incluem-se bolas de plástico (Figura 36), anéis de plástico, PVC sucata e folhas de fibra de vidro (STICKNEY, 2005a).

Figura 35 - Diferentes meios para fixação utilizados em biofiltros.



Fonte: LEKANG, 2013e

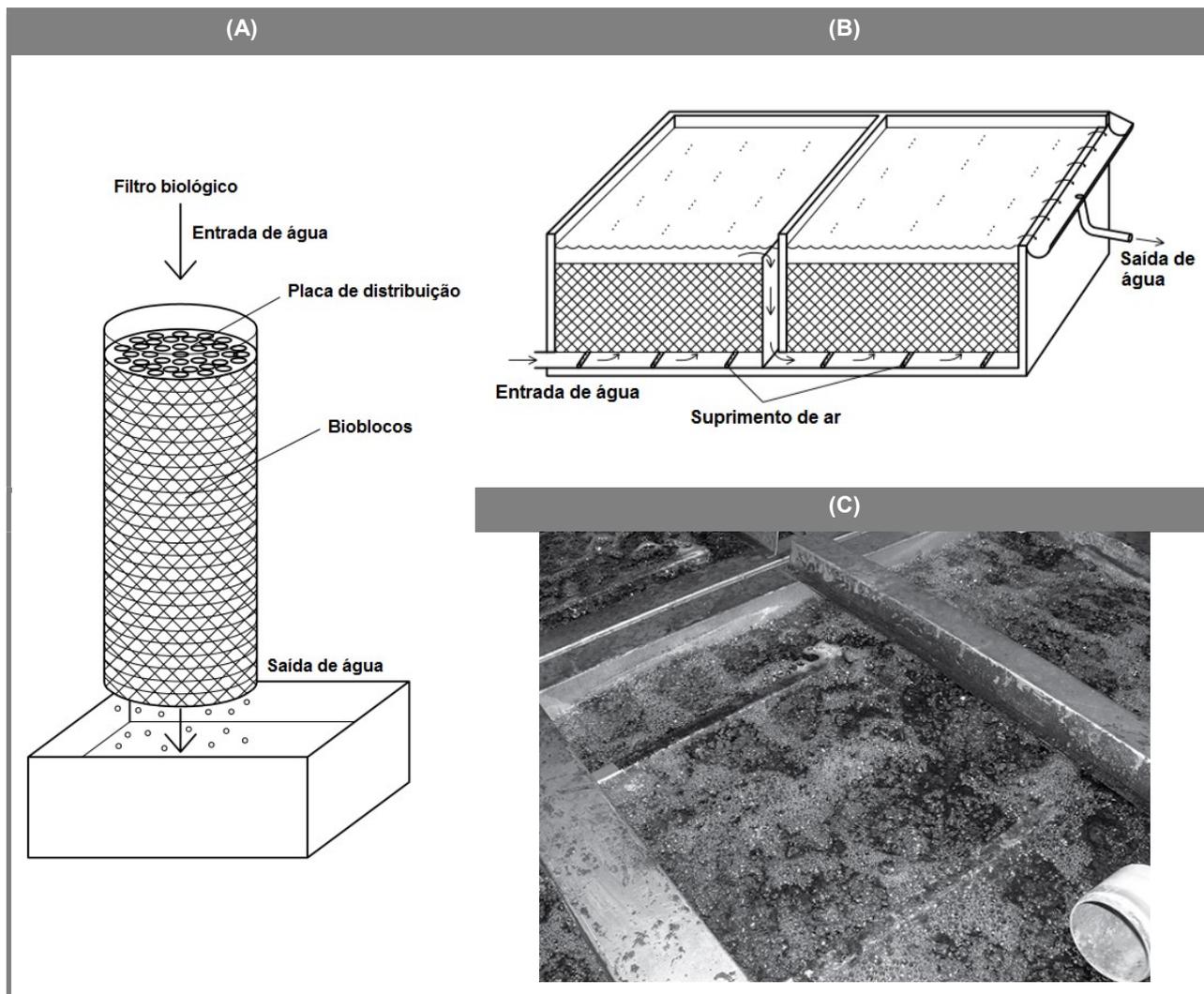
Figura 36 - Biofiltro preenchido com esferas de plástico utilizadas como meio de fixação.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

Para Lekang (2013e) o principal objetivo na construção de um filtro de nitrificação é criar uma superfície ótima para o crescimento do biofilme. Dependendo da construção e do meio do filtro no qual o biofilme é estabelecido, é possível distinguir quatro tipos de filtro biológico (Figura 37): **(1)** Sistema com fluxo contínuo; **(2)** Biorreator; **(3)** Meio fluido; e **(4)** Filtros granulares.

Figura 37 - Diferentes modelos de biofiltro com meio fixado: **(A)** Filtro de escoamento; **(B)** Filtro com meio submerso; e **(C)** Filtro com meio submerso em uso.



Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013e.

2.4.5.5 ESTRUTURAS PARA DESINFECÇÃO

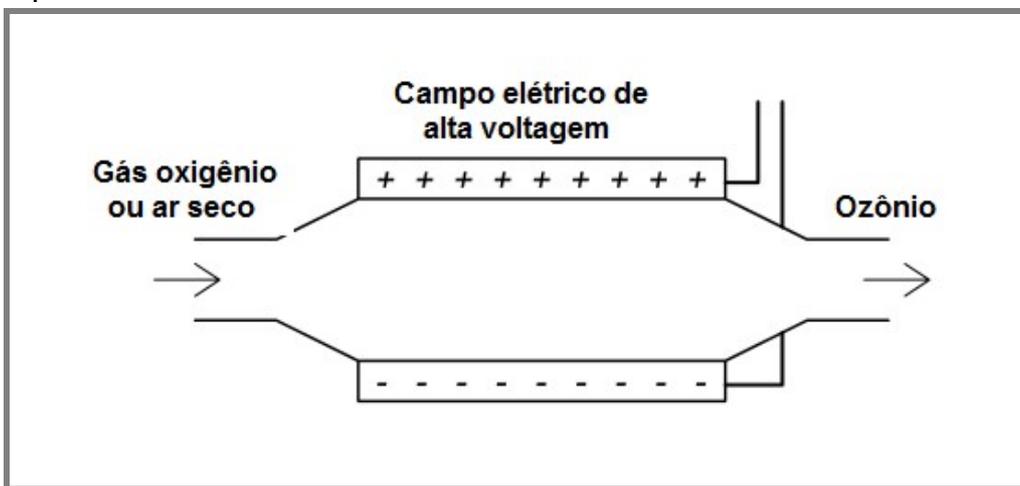
A) Ozônio – O₃

Geradores de ozônio são utilizados para a produção do gás ozônio, que é injetado para dentro da água. O ozônio é altamente tóxico, de modo que os organismos do cultivo e do biofiltro não devem ser expostos a este gás. Para evitar a exposição, a ozonização precisa ocorrer em uma parte separada do sistema, em que uma corrente secundária de água flua. A água é, em seguida, deixada em repouso, com ou sem aeração, durante o tempo necessário para o ozônio seja convertido para oxigênio molecular (O₂). O ozônio

pode também ser removido passando a água sobre carvão vegetal ativado (STICKNEY, 2005a).

O ozônio, às vezes chamado trioxigênio, é um gás incolor com um ponto de ebulição -112°C . O gás ozônio é instável e vai rapidamente ser quebrado para O_2 ; a meia-vida do O_3 é de cerca de 15 minutos. Portanto, é necessário produzir o ozônio no local de sua utilização. A produção do ozônio é feita quando o ar ou o gás oxigênio passa por um campo elétrico de alta voltagem (Figura 38) (LEKANG, 2013j).

Figura 38 - Produção do gás ozônio quando o ar ou oxigênio flui através de um campo elétrico de alta voltagem.



Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013j.

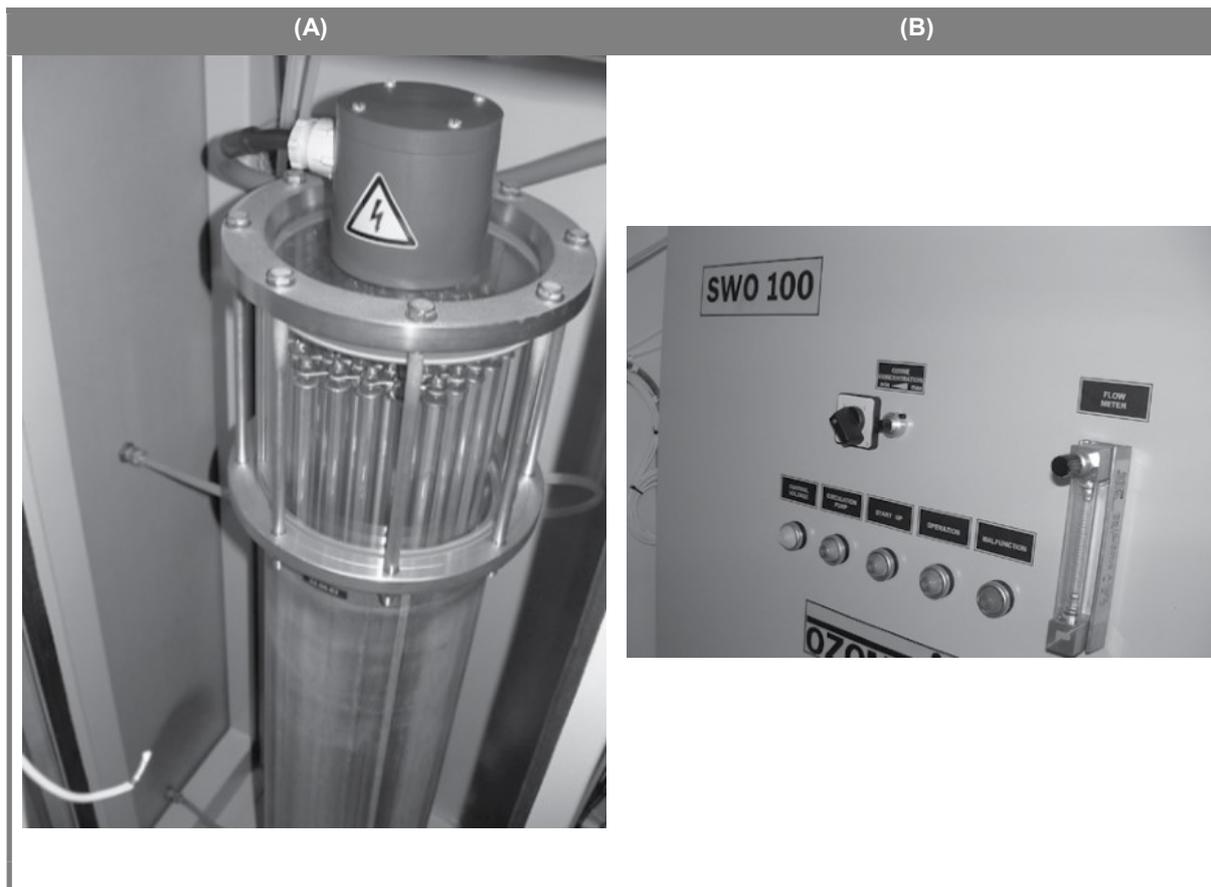
De acordo com Huguenin e Colt (2002f) a produção de ozônio é sensível à incrustação de hidrocarbonetos e compressores isentos de óleo são necessários. Para aplicações em aquicultura, monitoramento da concentração de ozônio no gás oriundo do processo é altamente recomendado. O poder oxidante do ozônio é maior a um pH mais elevado, como o encontrado na água do mar.

A produção de ozônio realiza o mesmo processo que ocorre com raios durante uma tempestade, o que explica o cheiro de ozônio nessas circunstâncias. A energia é adicionada à molécula de oxigênio e ozônio é produzido:



Como um gerador de ozônio (Figura 39) pode usar oxigênio puro ou ar para produzir ozônio, quando utilizar ar, para obter uma melhor relação benefício/ custo, pois reduz o custo, este deve estar o mais seco possível antes de entrar no gerador de ozônio (LEKANG, 2013j).

Figura 39 - Sistema de produção de ozônio: **(A)** Gerador para produção do gás ozônio; e **(B)** Painel de controle de um gerador de ozônio.



Fonte: LEKANG, 2013j.

Para Liltved e Summerfelt (2013) o ozônio tem tido uma larga utilização em aquicultura, porque tem uma velocidade de reação rápida, a reação produz poucos subprodutos e o oxigênio é produzido como um produto final desta reação. O ozônio é um oxidante extremamente reativo no controle de vírus e bactérias, devendo ser gerado no local. Além disso, a geração de ozônio alimentado com o gás oxigênio puro pode produzir 10-15% (em peso) de concentração de ozônio, quase o dobro da concentração de ozônio que pode ser gerada utilizando ar como gás de alimentação (Figura 40).

Figura 40 - Modelo de gerador de ozônio.



Fonte: LILTVED; SUMMERFELT, 2013.

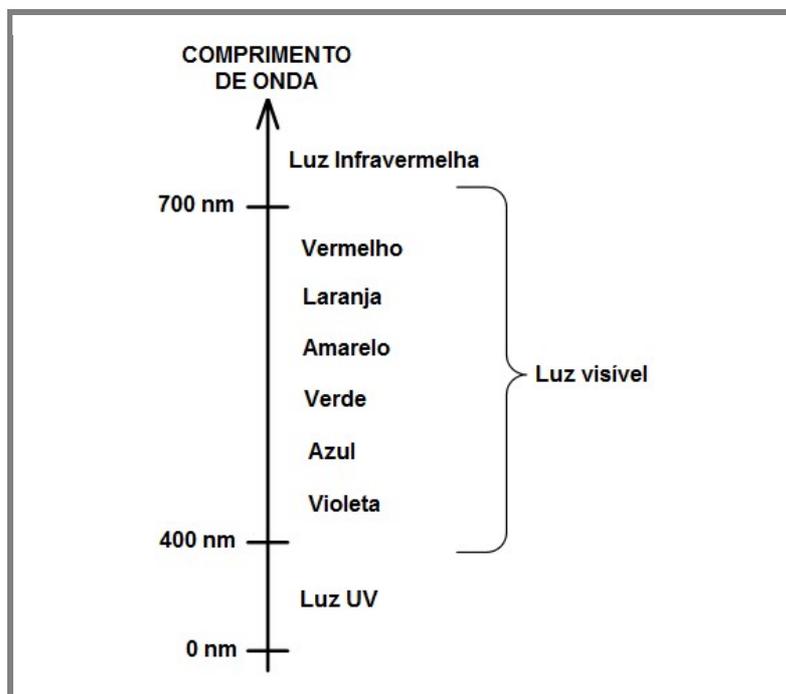
Segundo Chinn (2009) a exposição a 0,05 ppm 24 h por dia, 7 dias por semana, é relatado ser prejudicial. Uma concentração de 10.000 ppm é letal em 1 minuto e 500 ppm após 16 h. A geração de ozônio resulta na produção de calor, que pode ser utilizado para o aquecimento da água. Ozônio livre de 0,2 a 0,4 mg L⁻¹ durante 4 minutos, foi demonstrado ser eficaz para inativar vírus.

Stickney (2000) destacou que o ozônio produz água limpa e otimiza a ação do biofiltro. Um sistema para produção de ozônio bem projetado, é seguro para os organismos cultivados. No entanto, o custo do equipamento e de utilização é relativamente alto. O trabalho necessário para monitorar resíduos também pode ser elevado. O conteúdo orgânico da água reduz rapidamente o poder e ação oxidativa do ozônio. Na prática, um ataque eficaz em patógenos viáveis requer alguns ajustes para compensar a influência da matéria orgânica dissolvida e suspensa.

B) ULTRAVIOLETA – UV

Luz ultravioleta é a radiação electromagnética com um comprimento de 1-400 nm (1 nm – nanômetro = 10^{-9} m – micrômetro) localizada na extremidade inferior do espectro visível e mais além (Figura 41) (o espectro da luz visível se estende até 380 nm). A extremidade oposta do espectro visível é a região de raios infravermelhos (IR), a radiação de calor com comprimentos de onda mais longos que não podem ser detectados pelo olho humano (LEKANG, 2013j)

Figura 41 - Diferentes comprimentos de onda da luz.



Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013j.

Para Liltved e Summerfelt (2013) a luz UV natural e artificial (190-400 nm de comprimento de onda) podem danificar microrganismos direta e indiretamente alterando seus ácidos nucleicos. Os prejuízos diretos são devido à absorção de radiação pelo DNA com conseqüente formação de foto produtos. No entanto, antes da dose de UV possa mesmo atingir o organismo alvo, ela deve ser capaz de ser transmitida através da água. Aplicações de UV em água altamente turva, como é frequentemente o caso em sistemas de recirculação, serão totalmente ineficazes, porque a transmissão na coluna de água é muito menor, quase não matando microrganismos. Portanto, a menor transmitância UV esperada no processo da água deve ser estabelecida e usada para prever quanta

intensidade da radiação UV deve ser gerada para transmitir a dose desejada, através da água entre o organismo alvo e a fonte de luz.

Lekang (2013j) afirmou que a luz UV vai danificar o material genético (ADN e/ ou ARN) no microrganismo por ruptura das cadeias, o que resulta em inativação ou morte. A inativação (**D**) é proporcional à dose de radiação por unidade de área (intensidade) da luz UV (**I**) e o tempo de exposição (**t**):

$$D = I \times t$$

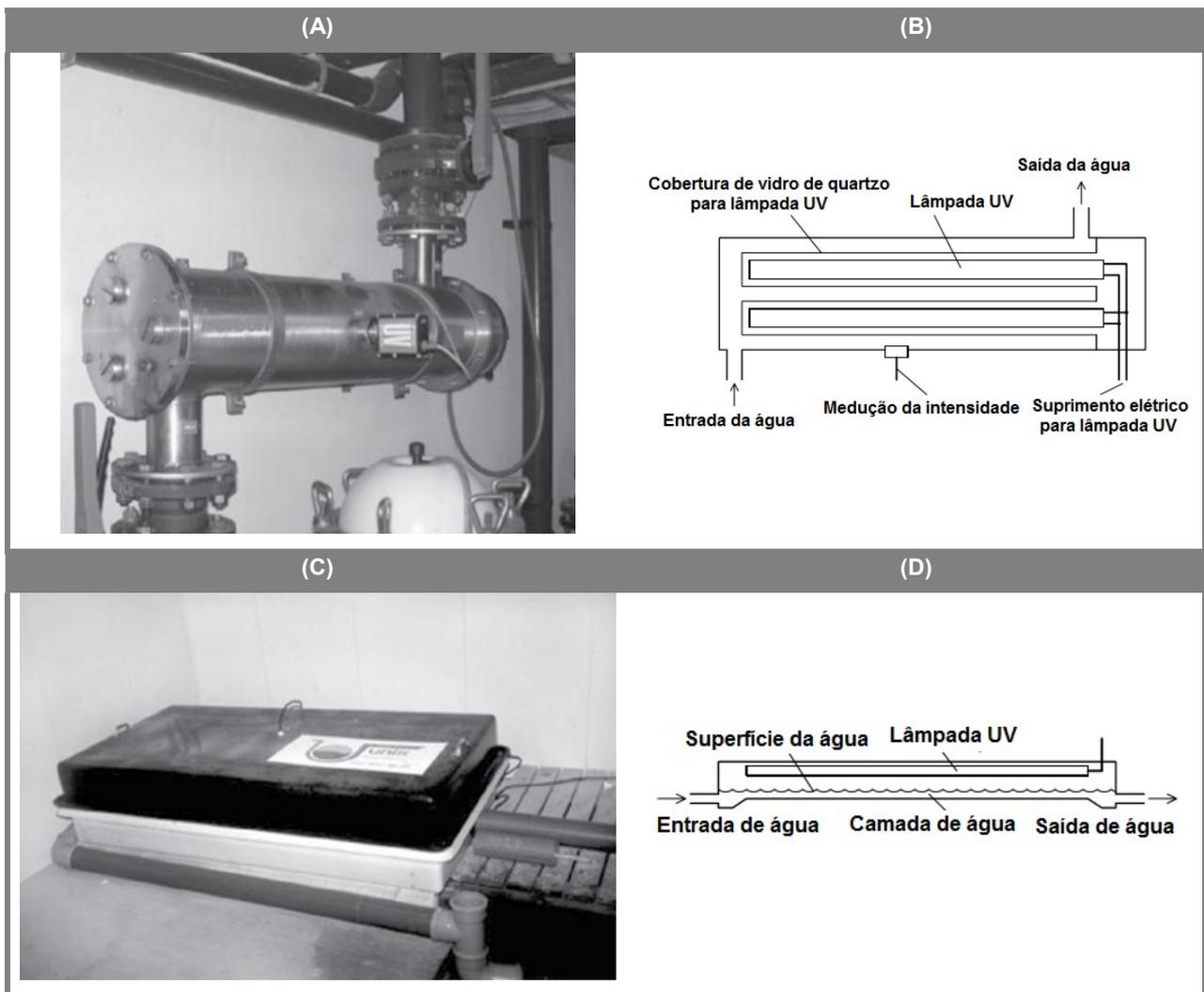
A dose de radiação é normalmente dada em unidades de $\mu\text{Ws cm}^{-2}$ (microwatt por segundo/ centímetro quadrado), ou seja, a intensidade da radiação (energia) por unidade de área.

De acordo com Huguenin e Colt (2002f) para as condições de produção, onde os sistemas de UV são adicionados para a proteção geral contra microrganismos, uma "dose" de 30.000 a 35.000 $\mu\text{Ws cm}^{-2}$ é comumente utilizada. Se o sistema UV é para ser utilizado contra os agentes patogênicos específicos, seria aconselhável adquirir dados mais específicos para a dosagem a ser aplicada. Infelizmente, os dados específicos para este tipo de aplicação não estão prontamente disponíveis. Radiação UV é ideal para a desinfecção na aquicultura, porque nada é adicionada à água que possa ser tóxico para os organismos de cultivo.

Segundo Danner e Merrill (2006) a luz ultravioleta (UV), produzida pela luz solar e as lâmpadas de vapor de mercúrio, desinfeta por danificar o ADN celular de microrganismos. A luz ultravioleta produz principalmente uma desinfecção superficial, porque não penetra profundamente em muitos materiais (em torno de 2 m em águas claras e menos em águas turvas). Desinfecção por luz UV pode ser onerosa. Lâmpadas têm uma vida limitada e devem ser substituídas regularmente. Além disso, o descarte de lâmpadas usadas deve ser cuidadoso, uma vez que muitas contêm mercúrio.

De acordo com Lekang (2013j) as lâmpadas UV podem ser colocadas tanto na água (Figuras 42A e B), como acima da superfície da água (Figuras 42C e D). Normalmente, as lâmpadas são colocadas numa câmara através da qual a água flui. Câmaras UV podem ser equipadas com refletores ou discos de turbulência para irradiar o fluxo total de água de forma mais eficaz. A lâmpada UV normalmente é colocada dentro de um tubo de vidro de quartzo para protegê-la do resfriamento direto pela água e incrustações na superfície da lâmpada.

Figura 42 - Planta de UV pode ser construída com lâmpadas de UV colocadas no fluxo de água, que é o arranjo normal (A, B), ou acima do fluxo de água (C, D).



Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013j.

Stickney (2005a) relatou que a esterilização UV é consideravelmente mais segura para o pessoal e as espécies cultivadas do que a ozonização, embora esta não tenha alguns inconvenientes do UV. Esterilizadores UV empregam lâmpadas fluorescentes UV em que passa um fluxo de água. Vários modelos têm sido utilizados, nos mais eficazes a água passa pela luz, numa corrente fina (Figura 43). Normalmente, várias lâmpadas são utilizadas dentro de uma câmara através do qual a água flui. As lâmpadas são colocadas no interior de uma estrutura de vidro ou de quartzo transparente, para separá-las do contato direto com a água e os microrganismos expostos à luz UV são mortos.

Figura 43 - Unidade de esterilização ultravioleta para grande volume.



Fonte: STICKNEY, 2005a.

A desvantagem da esterilização UV é que a eficácia das lâmpadas UV se deteriora com o tempo. Além disso, a matéria em partículas tende a ficar depositada nas estruturas em torno das lâmpadas, dependendo do tipo de sistema usado. À medida que o vidro se torna cada vez mais opaco, a eficácia da luz UV é perdida. Lâmpadas UV devem ser substituídas com frequência e o material em que a matéria se deposita deve ser limpo conforme necessário (STICKNEY, 2005a).

2.4.5.6 AERAÇÃO E OXIGENAÇÃO

Lekang (2013k) reportou que a aeração ou oxigenação é para remover gases, tais como, o nitrogênio (N_2) e dióxido de carbono (CO_2) da água, ou para aumentar a concentração de gases como o oxigênio (O_2). Há várias razões para oxigenar a água de entrada para um projeto de aquicultura. A água pode conter oxigênio insuficiente ou demasiado nitrogênio ou dióxido de carbono.

De acordo com Stickney (2005a) aeração suplementar é geralmente fornecida em sistemas fechados. Uma variedade de dispositivos para aeração está disponível no mercado. Incluem-se desde agitadores que mexem mecanicamente água até a superfície da água, compressores de ar que proporcionam ar de alta pressão para o sistema e sopradores que fornecem ar de baixa pressão. Ar a partir de compressores e sopradores é entregue através de tubos que são frequentemente equipados com pedras porosas para

aeração que quebram o ar em pequenas bolhas, sendo esta a maneira em que o oxigênio é dissolvido na água por difusão. Quanto maior for o volume de ar que está exposto na água, mais rapidamente vai ocorrer a saturação da água com o oxigênio. Agitando a água ou inserindo milhões de pequenas bolhas, aumenta a quantidade de ar em contato com a água, otimizando o processo de aeração. A aeração fornecida para os tanques de cultivo pode também ser utilizada em conjunto com o filtro biológico, particularmente se for um filtro biológico em que o meio fixador está constantemente submerso em água.

Para Pillay e Kutty (2005b) quando aquicultura intensiva é praticada, algum tipo de sistema de aeração torna-se essencial para melhorar a transferência de oxigênio e a dissolução de carbono orgânico na água. Aeradores simples de superfície, como impulsor aberto ou aeradores de pás (Figura 44) são comumente utilizados para quebrar ou agitar a água e aumentar a área de superfície disponível para transferência de oxigênio.

Figura 44 - Modelo portátil de aerador de pá.

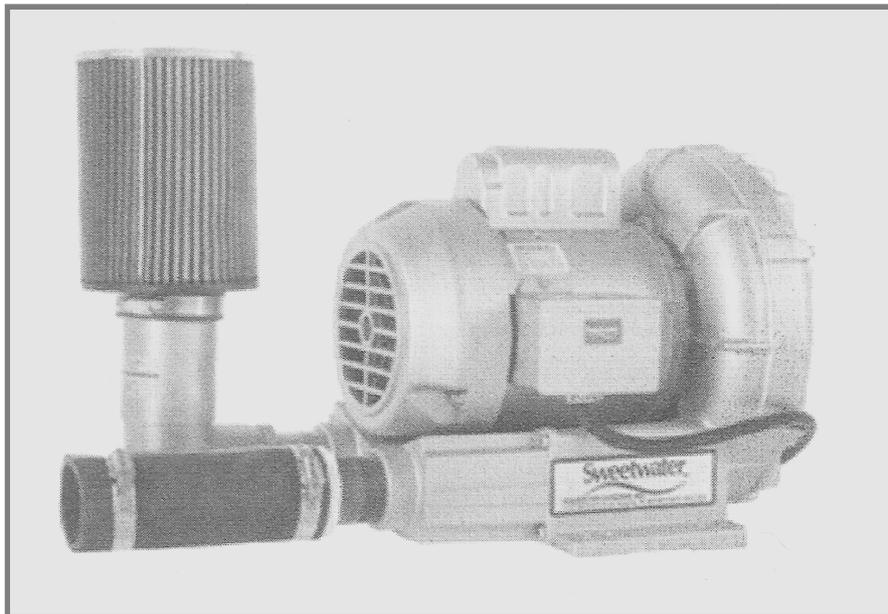


Fonte: PARKER, 2012e.

Segundo Timmons e Ebeling (2013e) as fontes padrões de ar em aquicultura são sopradores, bombas de ar, ou compressores. As principais diferenças entre eles são as exigências de pressão e do volume da descarga. Sopradores fornecem grandes volumes de ar à baixa pressão (Figura 45), enquanto compressores os volumes de ar são menores, mas com alta pressão. Ao especificar o tipo de fonte de ar necessária, dois parâmetros de projeto precisam ser determinados: a pressão e o volume de ar

necessário. A pressão de operação é determinada pelos requisitos para superar a pressão da água na profundidade de operação, as perdas por atrito pelo tubo, e a resistência dos difusores de ar.

Figura 45 - Soprador de ar que fornece maiores volumes de ar com baixa pressão.



Fonte: TIMMONS; EBELING, 2013e.

Pillay e Kutty (2005e) declararam que a unidade básica de um dispositivo de difusão de ar para aeração é o compressor de ar, que pode ser um ventilador, um compressor ou uma bomba de membrana. O ar penetra na água, através de um material poroso ou tubos perfurados instalado no viveiro (Figura 46). Quando o ar é difundido através de um tubo perfurado, grandes bolhas de até 10 mm de diâmetro são formadas. Se o difusor é um material poroso, bolhas finas de 2 a 5 mm de diâmetro podem ser produzidas. Quanto menor as bolhas, maior é a superfície total para um dado volume de ar e mais baixa a sua flutuabilidade, o que melhora a transferência de oxigênio para água. À medida que as bolhas passam através da coluna de água, parte do seu teor de oxigênio é dissolvido. O movimento na superfície da água também dá resultados, pois cria um efeito de mistura.

Figura 46 - Aeração em viveiros para cultivo de carpas, feito através de um sistema com canos perfurados alimentados com compressores, Israel.



Fonte: PILLAY; KUTTY, 2005e.

De acordo com Huguenin e Colt (2002g) a saída de sopradores de baixa pressão depende da sua pressão de descarga e varia de alto fluxo a baixa pressão, para baixo fluxo a alta pressão. À medida que a pressão de um aerador aumenta para além da gama de funcionamento normal, um fenómeno chamado de afluência pode ocorrer. Isto resulta na rápida flutuação na saída entre o máximo e a pressão zero. Podendo resultar em sérios danos aos rolamentos e componentes rotativos. A maioria dos sopradores é protegida a partir de afluência pela instalação de uma válvula de alívio de pressão elevada. A válvula de alívio de pressão irá impedir que a pressão do ar ultrapasse um nível seguro. A seleção de um ventilador irá depender da taxa de fluxo de ar e os requisitos de carga do sistema (ou pressão). A pressão total que tem um compressor para impulsionar ar depende da profundidade de submersão do difusor, as perdas de pressão através do difusor, e as perdas de pressão nos sistemas de distribuição.

Cada produtor decide qual dispositivo de aeração deve ser comprado ou construído. Esta decisão é importante e deve ser feita para uma aplicação específica e custos associados de energia e equipamentos que se tem em mente. Sistemas de aeração funcionam através do aumento da área de contacto entre o ar e a água (Figura 47) (PARKER, 2012e).

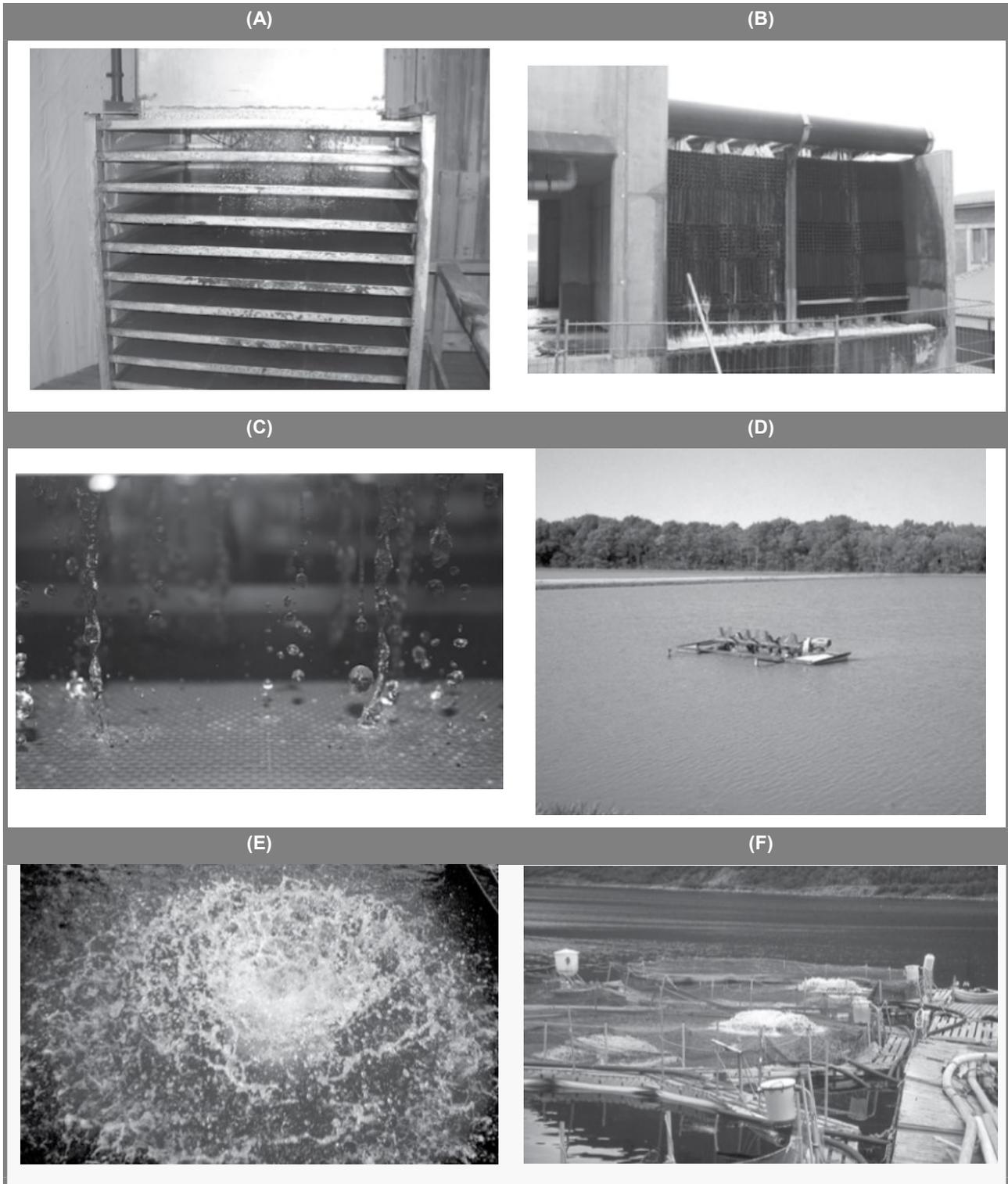
Figura 47 - *Spray* superficial provocado por um aerador na água de cultivo de um viveiro.



Fonte: PARKER, 2012e.

Segundo Lekang (2013k) o objetivo da aeração é a criação de condições o mais perto possível do equilíbrio entre as concentrações dos gases do ar e da água. Eventualmente, o gás supersaturado, especialmente nitrogênio, vai ser aerado para fora da água e o oxigênio será fornecido se a concentração for inferior a de saturação. O objetivo na construção de um sistema de aeração é conseguir condições ótimas para essa troca de gases entre o ar e a água, de modo que se alcance o equilíbrio o mais rápido possível. Isto se realiza com a criação de uma grande área de contato entre a água e o ar, para que uma boa troca entre gás-água ocorra. Não é possível aumentar a quantidade de oxigênio na água acima do nível do equilíbrio (saturação) com aeradores tradicionais, o único modo a fazê-lo é a adição do gás oxigênio puro. Muitos tipos de sopradores estão disponíveis, e diferentes classificações são possíveis, dependendo do *design* e do princípio empregado (Figura 48).

Figura 48 - Diferentes tipos de aeradores utilizados: **(A)** Aerador de cascata; **(B)** Aerador com blocos de tubos formando uma rede plástica; **(C)** Importância de criar uma grande superfície entre a água e o ar para garantir a transferência do gás; **(D)** Aerador de pá; **(E)** Aerador de propulsão; e **(F)** Aerador de propulsão utilizado próximo a uma gaiola.



Fonte: Adaptado de LEKANG, 2013k.

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, Fernando Araujo; SANTIAGO, Andre Prata; ABRUNHOSA, Jaqueline Pompeu. The early phyllosoma stages of spiny lobster *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda: Palinuridae) reared in the laboratory. **Braz. J. Biol.**, [s.l.], v. 68, n. 1, p.179-186, 2008.
- AIKEN, David E.; WADDY, Susan L. Reproductive biology. In: COBB, J. Stanley; PHILLIPS, Bruce. F (Ed.). **The Biology and Management of Lobsters**: volume I: Physiology and behavior. New York: Academic Press, 1980. p. 215-276.
- ASCHE, Frank; BJØRNDAL, Trond. Quentin et al. Aquaculture: production and markets. In: GRAFTON, R. Quentin et al. (Ed.). **Handbook of Marine Fisheries Conservation and Management**. New York: Oxford University Press, 2010. p. 60-71.
- AUSTRALIA. **Western Rock Lobster**. 2011. Disponível em: <http://www.fish.wa.gov.au/Documents/recreational_fishing/fact_sheets/fact_sheet_western_rock_lobster.pdf>. Acesso em: 10/12/2015. (Department of Fisheries series).
- BARNABÉ, Gilbert. The production of aquatic organisms: The production of living matter in the aquatic environment. In: BARNABÉ, Gilbert (Ed.). **Aquaculture: Biology and Ecology of Cultured Species**. 2. ed. Hemel Hempstead: Taylor & Francis, 2005. p. 29-52. (Ellis Horwood).
- BELL, Mike, TUCK, Ian; DOBBY, Helen. *Nephrops* species. In: PHILLIPS, Bruce. F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 357-413.
- BEVERIDGE, Malcolm C. M. Cage Aquaculture – An Overview. In: BEVERIDGE, Malcolm C. M. (Ed.). **Cage Aquaculture**. 3. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. p. 9-31.
- BENGTSON, David A. Status of marine aquaculture in relation to live prey: past, present and future. In: STØTTRUP, Josianne G.; MCEVOY, Lesley A. (Ed.). **Live Feeds in Marine Aquaculture**. Oxford: Blackwell Science, 2003. p. 1-16.
- BOOTH, John D.; KITAKA, Jiro. Spiny lobster growout. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 556-585. (Fishing News Books)
- BLACK, Kenneth D. The environmental sustainability of aquaculture: Environmental aspects of aquaculture. In: CULVER, Keith; CASTLE, David (Ed.). **Aquaculture, Innovation and Social Transformation**: volume 17. [s.l.]: Springer Science, 2008. p. 97-114. (The International Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics).
- BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (Org.). **Plano de Gestão para o uso Sustentável de Lagostas no Brasil: *Panulirus argus* (Latreille, 1817) e *Panulirus laeviscauda* (Latreille, 1804)**. Brasília: IBAMA, 2008. 121 p.

BUTLER, Mark J.; HERRNKIND, William F. *Puerulus* and juvenile ecology. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITTAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 276-301. (Fishing News Books).

BUTLER, Mark J. et al. Juvenile and adult ecology. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 263-309.

CABRITA, Elsa; ROBLES, Vanesa; HERRÁEZ, Paz (Ed.). **Methods in Reproductive Aquaculture: marine and freshwater species**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 549 p.

CAMPOS, A. A. **Crustáceos decápodos do Nordeste brasileiro - lista sistemática e guia de identificação das espécies de interesse comercial**. 1995. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Pesca, Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

CHANG, Yi-jay et al. Reproductive biology of the spiny lobster, *Panulirus penicillatus*, in the southeastern coastal waters off Taiwan. **Mar Biol.**, [s.l.], v. 151, p.553-564, 2007. DOI 10.1007/s00227-006-0488-9

CHINN, T. David. Water treatment. In: NEMEROW, Nelson L. et al. **Environmental Engineering: water, wastewater, soil and groundwater treatment and remediation**. 6. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009. p. 133-282.

CHUBB, C. F. Reproductive biology: issues for management. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITTAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 245-275. (Fishing News Books)

CLARK, Colin W. Challenges in marine capture fisheries. In: GRAFTON, R. Quentin et al. (Ed.). **Handbook of Marine Fisheries Conservation and Management**. New York: Oxford University Press, 2010. p. 638-645.

DANNER, G. Russell; MERRILL, Peter. Disinfectants, disinfection, and biosecurity in aquaculture. In: SCARFE, A. David; LEE, Cheng-sheng; O'BRYEN, Patricia J. (Ed.). **Aquaculture Biosecurity: Prevention, control, and eradication of aquatic animal disease**. Iowa: Blackwell Publishing, 2006. p. 91-128.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global capture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>), 2016a. Acesso em: 01/06/2016.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>), 2016b. Acesso em: 01/06/2016.

FAUSTO FILHO, José. Primeira contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, v. 6, n. 1, p. 31-37, 1966.

FAUSTO FILHO, José; COSTA, A. F. Notas sobre a família Palinuridae no Nordeste brasileiro (Crustacea, Decapoda, Macrura). **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, v. 9, n. 2, p. 103-110, 1969.

FAUSTO FILHO, José. Sobre a ocorrência de *Palinustus truncatus* (H. Milne Edwards, 1880), no litoral brasileiro e de *Panulirus echinatus* Smith 1869, no litoral do Estado do Ceará, Brasil (Crustacea, Decapoda, Palinuridae). **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 17, n. 1, p. 75-76, 1977.

FONTELES FILHO, Antonio. Adauto; IVO, Carlos Tassito Correa. Comportamento migratório da lagosta *Panulirus argus* (Latreille) em frente ao Estado do Ceará, Brasil. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 173 - 176, 1980.

FONTELES FILHO, Antonio Adauto. The state of the lobster fishery in North-east Brazil. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 121-134. (Fishing News Books).

GOLDSTEIN, Jason S. et al. The complete development of larval caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in culture. **Journal of Crustacean Biology**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.306-327, 2008.

GRAFTON, R. Quentin et al. Marine conservation and fisheries management: at the crossroads. In: GRAFTON, R. Quentin et al. (Ed.). **Handbook of Marine Fisheries Conservation and Management**. New York: Oxford University Press, 2010. p. 3-19.

GROENEVELD, Johan C.; GOÑI, Raquel; DÍAZ, David. *Palinurus* Species. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. 2 ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 326-356.

GUEDES, A. Catarina; MALCATA, F. Xavier. Nutritional value and uses of microalgae in aquaculture. In: MUCHLISIN, Zainal Abidin (Ed.). **Aquaculture**. Rijeka: Intech, 2012. p. 59-78.

HOLTHUIS, L. B. The taxonomic status of *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda, Macrura, Palinuridae). **Crustaceana**, Leiden, v. 2, n. 3, p. 223-227, 1961.

HOLTHUIS, L. B.; EDWARDS, A. J.; LUBBOCK, H. R. The decapod and stomatopod crustacea of St. Paul's Rocks. **Zool. Meded.**, Leiden, v. 56, p. 27 - 51, 1980.

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Introduction. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002a. p. 1-4. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Problem definition and establishing requirements. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002b. p. 5-46. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Pump selection. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002c. p. 101-116. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Suspended solids removal. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002d. p. 137-150. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Water recycling. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002e. p. 201-210. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Disinfection. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002f. p. 183-192. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Aeration and degassing. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002g. p. 163-182. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUNG, Lai Van; TUAN, L. A. Lobster seacage culture in Vietnam. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny Lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 10-17, 2009.

HUNTINGFORD, Felicity; KADRI, Sunil; JOBLING, Malcolm. Introduction: aquaculture and behaviour. In: HUNTINGFORD, Felicity; JOBLING, Malcolm; KADRI, Sunil (Ed.). **Aquaculture and Behavior**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. p. 1-35.

IVO, Carlos Tassito Corrêa; GESTEIRA, Tereza. Cristina Vasconcelos. Potencial reprodutivo das lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laevicauda* (Latreille) (Crustacea: Palinuridae), no Nordeste do Brasil. **Arq. Ciên. Mar.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, v.25, p. 1-12, 1986.

IVO, Carlos Tassito Corrêa; GESTEIRA, Tereza. Cristina Vasconcelos. Avaliação da fecundidade individual das lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laevicauda* (Latreille). **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, Tamandaré: IBAMA, v. 3, n. 1, 1995.

JEFFS, Andrew. Status and challenges for advancing lobster aquaculture. In: Vivekanandan, E. (Ed.). Journal of the marine biological association of India, **The Marine Biological Association of India**, v. 52, p. 320-326, 2010.

JEFFS, Andrew; GARDNER, G., Caleb; COCKCROFT, Andy. *Jasus* and *Sagmariasus* species. In: PHILLIPS, Bruce. F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 259-288.

JOBLING, Malcolm et al. Feeding biology and foraging. In: HUNTINGFORD, Felicity; JOBLING, Malcolm; KADRI, Sunil (Ed.). **Aquaculture and Behavior**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. p. 121-149.

JONES, Clive, M. Tropical spiny lobster aquaculture development in Vietnam, Indonesia and Australia. In: Vivekanandan, E. (Ed.). Journal of the marine biological association of India, **The Marine Biological Association of India**, v. 52, p. 304-315, 2010

JONES, Clive, M.; SHANKS, S. Requirements for the aquaculture of *Panulirus ornatus* in Australia. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 98-109, 2009.

KAISER, M.j.; JENNINGS, S.; SALE, Peter F. Ecosystem effects of fishing. In: HART, Paul J.b.; REYNOLDS, John D. (Ed.). **Handbook of Fish Biology and Fisheries: volume 2 fisheries**. Oxford: Blackwell publishing, 2004. p. 342-366.

KENNINGTON, W. Jason; MELVILLE-SMITH, Roy; BERRY, Oliver. Genetics of wild and captive lobster populations. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 36-63.

KITAKA, Jiro. Culture of the palinurid *Jasus lalandii* from egg to *puerulus*. **Nippon Suisan Gakkaishi**, [s.l.], v. 54, n. 1, p. 87-93, 1988.

KITAKA, Jiro. Culture of phyllosomas of spiny lobster and its application to studies of larval recruitment and aquaculture. **Crustaceana**, New York, v. 66, n. 3, p. 257-270, 1994a.

KITAKA, Jiro. Larval rearing. In: PHILLIPS, Bruce F.; COBB, J. Stanley; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster Management**. Oxford: Blackwell Scientific, 1994b. p. 402-423. (Fishing News Books).

KITAKA, Jiro. Application of ecosystem culture method for complete developed of phyllosomas of spiny lobster. **Aquaculture**, [s.l.], v. 155, p. 319-331, 1997.

KITAKA, Jiro; MACDIARMID, Alison B. Breeding. In: PHILLIPS, Bruce F.; COBB, J. Stanley; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster Management**. Oxford: Blackwell Scientific, 1994. p. 384-401. (Fishing News Books).

KUBITZA, Fernando. Adubação de viveiros. In: KUBITZA, Fernando. **Qualidade de Água no Cultivo de Peixes e Camarões**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2003. p. 110-164.

LEE, Phillip G.; MEYERS, Samuel P. Classical nutrition: Chemoattraction and feed stimulation. In: D'ABRAMO, Louis R.; CONKLIN, Douglas E.; AKIYAMA, Dean M. (Ed.). **Crustacean Nutrition**. [s.l.]: World Aquaculture Societ, 1997. p. 292-352. (Advances in World Aquaculture).

LEKANG, Odd-Ivar. Ponds. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013a. p. 239-248.

LEKANG, Odd-Ivar. Tanks, basins and other closed production units. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013b. p. 224-238.

LEKANG, Odd-Ivar. Sea cages. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013c. p. 249-285.

LEKANG, Odd-Ivar. Aeration and oxygenation. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013d. p. 155-178.

LEKANG, Odd-Ivar. Ammonia removal. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013e. p. 179-189.

LEKANG, Odd-Ivar. Adjustment of pH. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013f. p. 43-49.

LEKANG, Odd-Ivar. Water transport. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013g. p. 7-31.

LEKANG, Odd-Ivar. Removal of particles: traditional methods. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013h. p. 50-65.

LEKANG, Odd-Ivar. Protein skimming, flotation, coagulation and flocculation. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013i. p. 66-98.

LEKANG, Odd-Ivar. Disinfection. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013j. p. 120-133.

LEKANG, Odd-Ivar. Aeration and oxygenation. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013k. p. 155-178.

LILTVED, Helge; SUMMERFELT, Steven T. Ozonation and UV-irradiation. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013. p. 387-426.

LIPCIUS, Romuald N.; COBB, J. Stanley. Ecology and fishery biology of spiny lobsters. In: PHILLIPS, Bruce F.; COBB, J. Stanley; KITTAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster Management**. Oxford: Blackwell Scientific, 1994. p. 1-30. (Fishing News Books).

LIPCIUS, Romuald N.; EGGLESTON, David B. Introduction: ecology and fishery biology of spiny lobsters. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITTAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 1-41. (Fishing News Books).

LIPCIUS, R. N.; HERRNKIND, W. F. Control and coordination of reproduction and molting in the spiny lobster *Panulirus argus*. **Mar. Biol.**, [s.l.], v. 96, p. 207-214, 1987.

LOBBAN, Christopher S.; HARRISON, Paul J. Nutrients. In: LOBBAN, Christopher S.; HARRISON, Paul J. (Ed.). **Seaweed Ecology and Physiology**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2004. p. 163-209.

OECD. Organisation For Economic Co-operation And Development (Org.). Growing the wealth of aquaculture. In: OECD (Org.). **Advancing the Aquaculture Agenda: Workshop proceedings**. [s.l.], OECD, 2010. p. 39-108.

MACDIARMID, Alison B.; KITTAKA, Jiro. Breeding. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITTAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 485-507. (Fishing News Books).

MACDIARMID, Alison B.; SAINTE-MARIE, Bernard. Reproduction. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 45-77.

MATSUDA, Hirokazu; TAKENOUCI, Taisuke. New tank design for larval culture of Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, [s.l.], v. 39, p. 279-285, 2005.

MATSUDA, Hirokazu; TAKENOUCI, Taisuke. Development of technology for larval *Panulirus japonicus* culture in Japan: a review. **Bull. Fish. Res.**, [s.l.], n. 20, p. 77-84, 2007.

MATSUDA, Hirokazu; TAKENOUCI, Taisuke; GOLDSTEIN, Jason S. The complete larval development of the pronghorn spiny lobster *Panulirus penicillatus* (Decapoda: Palinuridae) in culture. **Journal of Crustacean Biology**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.579-600, 2006.

MATSUDA, Hirokazu; YAMAKAWA, T. The complete development and morphological changes of larval *Panulirus longipes* (Decapoda, Palinuridae) under laboratory conditions. **Fisheries Science**, [s.l.], v. 66, n. 2, p. 278-293, 2000.

MÜLLER, T. J. Determination of salinity. In: GRASSHOFF, Klaus; KREMLING, Klaus; EHRHARDT, Manfred. **Methods of Seawater Analysis**. 3. ed. Weinheim: Wiley-vch, 1999. p. 41-74.

MURAKAMI, Keisuke; JINBO, Tadao; HAMASAKI, Katsuyuki. Aspects of the technology of phyllosoma rearing and metamorphosis from phyllosoma to *puerulus* in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* reared in the laboratory. **Bull. Fish. Res.**, [s.l.], n. 20, p. 59-67, 2007.

NASCIMENTO, I. V. Fecundidade da lagosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) na praia de Muriú, costa do Rio Grande do Norte. **Bol. Est. Pesca**, Recife: IBAMA, v. 10, n. 1, p. 21-28, 1970.

NASCIMENTO, I. V. Fecundidade da lagosta *Panulirus laevicauda* (Latreille) e sua relação com a *P. argus* (Latreille, 1804). **Divisão de Recursos Pesqueiros**, Recife: SUDENE, n. 1, não paginado, 1975. (Série Estudos da Pesca)

NASCIMENTO, I. V.; ARAÚJO, M. E. Fecundidade das lagostas *Panulirus argus* e *Panulirus laevicauda* (Latreille), capturadas no litoral do Rio grande do Norte. **Divisão de Recursos Pesqueiros**, Recife: SUDENE, n. 11, p. 35-43, 1984. (Série Estudos da Pesca)

PAIVA, Melquiades Pinto. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: Eufc, 1997. 278 p.

PAOLUCCI, Marina et al. Development of biopolymers as binders for feed for farmed aquatic organisms. In: MUCHLISIN, Zainal Abidin (Ed.). **Aquaculture**. Rijeka: Intech, 2012. p. 3-34.

PARKER, Rick. Fundamentals of nutrition in aquaculture. In: PARKER, Rick (Ed.). **Aquaculture Science**. 3. ed. Clifton Park: Delmar, 2012a. p. 252-277.

PARKER, Rick. Recirculating systems. In: PARKER, Rick (Ed.). **Aquaculture Science**. 3. ed. Clifton Park: Delmar, 2012b. p. 446-463.

PARKER, Rick. Aquaculture basics and history. In: PARKER, Rick (Ed.). **Aquaculture Science**. 3. ed. Clifton Park: Delmar, 2012c. p. 2-27.

PARKER, Rick. Water requirements for aquaculture. In: PARKER, Rick (Ed.). **Aquaculture Science**. 3. ed. Clifton Park: Delmar, 2012d. p. 348-388.

PARKER, Rick. Aquatic structures and equipment. In: PARKER, Rick (Ed.). **Aquaculture Science**. 3. ed. Clifton Park: Delmar, 2012e. p. 390-429.

PHILLIPS, Bruce F.; MELVILLE-SMITH, Roy. *Panulirus* species. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 359-384.

PHILLIPS, B. F.; MACMILLAN, D. L. Antennal receptors in *puerulus* and *postpuerulus* stages of the rock lobster *Panulirus cygnus* (Decapoda; Palinuridae) and their potential role in *puerulus* navigation. **J. Crust. Biol.**, [s.l.], v. 7, p. 122-135, 1987.

PHILLIPS, Bruce. F.; COBB, J. Stanley; GEORGE, R. W. General biology. In: COBB, J. Stanley; PHILLIPS, Bruce. F. (Ed.). **The Biology and Management of Lobsters: volume I: Physiology and behavior**. New York: Academic Press, 1980. p. 1-82.

PHILLIPS, Bruce. F. et al. Larval and postlarval ecology. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 231-262.

PHILLIPS, Bruce. F. et al. *Panulirus* species. In: PHILLIPS, Bruce. F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 289-325.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. Reproduction and genetic selection. In: PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. (Ed.). **Aquaculture: Principles and Practices**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005a. p. 174-200.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. Design and construction of aquafarms. In: PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. (Ed.). **Aquaculture: Principles and Practices**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005b. p. 56-104.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. Nutrition and feeds. In: PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. (Ed.). **Aquaculture: Principles and Practices**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005c. p. 105-173.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. (Ed.). **Aquaculture: Principles and Practices**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005d. 624 p.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. Carps. In: PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. (Ed.). **Aquaculture: Principles and Practices**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005e. p. 321-351.

PROENÇA, Carlos Eduardo Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal. Introdução. In: PROENÇA, Carlos Eduardo Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal (Ed.). **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 1994a. p. 23-30.

PROENÇA, Carlos Eduardo Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal. A construção de instalações para piscicultura. In: PROENÇA, Carlos Eduardo Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal (Ed.). **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 1994b. p. 80-114.

PROENÇA, Carlos Eduardo Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal. Seleção de áreas para implantação de projetos de piscicultura. In: PROENÇA, Carlos Eduardo Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal (Ed.). **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 1994c. p. 31-79.

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPOSE, K. K. et al. (Ed.) **Handbook on open sea cage culture**, Central Marine Fisheries Research Institute, 2012, p. 96-111.

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPOSE, K. K. et al. (Ed.) **Handbook on open sea cage culture**, Central Marine Fisheries Research Institute, 2012, p. 96-111.

RITAR, A. J. The experimental culture of phyllosoma larvae of southern rock lobster (*Jasus edwardsii*) in a flow - through system. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 24, p. 149-156, 2001.

RUTHERFORD, Edward S. Fishery Management. In: FUIMAN, Lee A.; WERNER, Robert G. (Ed.). **Fishery Science: the Unique Contributions of Early Life Stages**. Oxford: Blackwell Science, 2002. p. 206-221.

SEKINE, S. et al. Larval period and molting in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* under laboratory conditions. **Fisheries Science**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 19-24, 2000.

SARIFIN, Bayu Priyambodo. Lobster aquaculture industry in eastern Indonesia: present status and prospects. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny Lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 36-45, 2009.

SPELLMAN, Frank R. Environmental biomonitoring, sampling, and testing. In: SPELLMAN, Frank R. (Ed.). **The Science of Water: concepts and applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008a. p. 219-288.

SPELLMAN, Frank R. Water chemistry. In: SPELLMAN, Frank R. (Ed.). **The Science of Water: concepts and applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008b. p. 97-120.

STEPHENSON, Robert L.; LANE, Daniel E. Fisheries management science. In: GRAFTON, R. Quentin et al. (Ed.). **Handbook of Marine Fisheries Conservation and Management**. New York: Oxford University Press, 2010. p. 630-637.

STICKNEY, Robert R. **Encyclopedia of aquaculture**. New York: John Wiley & Sons, 2000. 1063 p.

STICKNEY, Robert R. Getting started. In: STICKNEY, Robert R. (Ed.). **Aquaculture**: an introductory text. Wallingford: Cabi Publishing, 2005a. p. 40-94.

STICKNEY, Robert R. The who, what, when and where of aquaculture. In: STICKNEY, Robert R. (Ed.). **Aquaculture**: an introductory text. Wallingford: Cabi Publishing, 2005b. p. 1-39.

STICKNEY, Robert R. Understanding and maintaining water quality. In: STICKNEY, Robert R. (Ed.). **Aquaculture**: an introductory text. Wallingford: Cabi Publishing, 2005c. p. 95-131.

STICKNEY, Robert R. Basics of nutrition. In: STICKNEY, Robert R. (Ed.). **Aquaculture**: an introductory text. Wallingford: Cabi Publishing, 2005d. p. 218-240.

SUMMERFELT, Steven T. Culture Units. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013. p. 93-138.

SUMMERFELT, Steven T.; VINCI, Brian. Solids capture. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013. p. 139-194.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Introduction to recirculating aquaculture technology. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013a. p. 1-26.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Water quality. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013b. p. 27-58.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Mass balances, loading rates and fish growth. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013c. p. 59-92.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Biofiltration. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013d. p. 241-276.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Gas transfer. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013e. p. 349-386.

TUREKIAN, Karl K. Origin of the Oceans. In: TUREKIAN, Karl K. (Ed.). **Marine Chemistry & Geochemistry**: A derivative of encyclopedia of ocean sciences. 2. ed. London: Academic Press, 2010. p. 3-6.

UNITED STATES OF AMERICA. USDA. United States Department of Agriculture (Org.). Embankment ponds. In: USA. USDA. **Ponds - Planning, Design, Construction**. 2. ed. Fort Worth: USDA, 1997. p. 24-56. (Agriculture Handbook 590).

VALIELA, Ivan. Eutrophication. In: VALIELA, Ivan (Ed.). **Global Coastal Change**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 283-323.

VAN-WORMHOUDT, A.; BELLON-HUMBERT, C. Crustacean farming- the biological basis: Digestion in crustaceans. In: BARNABÉ, Gilbert (Ed.). **Aquaculture**: biology and ecology of cultured species. 2. ed. Hemel Hempstead: Taylor & Francis, 2005. p. 213-228. (Ellis Horwood).

WEINER, Ruth F.; MATTHEWS, Robin A. Assessing environmental impact. In: WEINER, Ruth e; MATTHEWS, Robin A. (Ed.). **Environmental Engineering**. 4. ed. Burlington: Elsevier Science, 2003. p. 13-32.

WoRMS (Org.). **World Register of Marine Species**. 2016. Disponível em: <<http://www.marinespecies.org/>>. [s.l.]. Acesso em: 11 jan. 2016.

YEUNG, C.; MCGOWAN, M. F. Differences in inshore - offshore and vertical distribution of phyllosoma larvae of *Panulirus*, *Scyllarus* and *Scyllarides* in the Florida Keys in May - June, 1989. **Bull. Mar. Sci.**, [s.l.], v. 49, p. 699-714, 1991.

PARTE II – LAGOSTA: AQUICULTURA COMO FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE

CAPITULO I: AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DAS LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE LATREILLE, 1802, NO BRASIL: REVISÃO E CONSIDERAÇÕES

1 INTRODUÇÃO

Todas as espécies tropicais e subtropicais do gênero *Panulirus* representam um valioso recurso tanto em escala local como regional, mas o fato de que todas elas habitarem locais relativamente rasos, combinado a efeitos de fatores de estresse variados, que afetam os habitats destes indivíduos, torna-as particularmente suscetíveis à pesca (BRIONES-FOURZÁN; LOZANO-ÁLVAREZ, 2013).

As lagostas do gênero *Panulirus* podem ser capturadas com uma ampla variedade de métodos que incluem: redes de arrasto, armadilhas, redes de emalhar - que são implantadas a partir de barcos de vários tipos e tamanhos, em poças de marés; também são capturados manualmente ou com armadilhas, e através de mergulho com uso de compressor, ou livre (PHILLIPS; MELVILLE-SMITH, 2006).

A oferta mundial de lagostas espinhosas é limitada em relação à demanda. No entanto, o aumento da produção no futuro próximo é improvável devido à intensa pressão da pesca, que captura uma grande proporção do estoque disponível dificultando a reposição dos estoques (KITAKA, 2000).

A aquicultura é uma alternativa viável, porém o grande impedimento para o desenvolvimento da atividade é o fornecimento de larvas, as quais devem ser oriundas de cultivo para sustentabilidade da atividade. Uma vez desenvolvidas as técnicas de larvicultura, a produção deve ser capaz de fornecer um grande número de juvenis para sistemas de engorda (KITAKA, 2000). O ciclo de vida das lagostas consiste em duas fases principais: a fase larval planctônica chamada filosoma, mais longa, que se desenvolve na água oceânica, e uma fase bentônica que começa com pós-larvas natantes, os *pueruli*, e vai até a fase adulta que tem capacidade reprodutiva (BRIONES-FOURZÁN; LOZANO-ÁLVAREZ, 2013).

A captura de *puerulus* e/ ou pré-juvenis para cultivo em cativeiro, seria uma alternativa para o problema da pesca (KITAKA; BOOTH, 2000; MILLER; OHS; CRESWELL, 2013), pois estes animais, próximos ao tamanho comercial, seriam devolvidos ao ambiente em áreas pré-determinadas para reprodução no ambiente natural. Esta alternativa mostra viabilidade porque estudos estimam mortalidades dos *pueruli* superiores a 90% devido principalmente a predação (BUTTLER; HERRNKIND, 2000).

A aquicultura hoje é uma indústria global. É tão legal como a criação de gado feita em terra. No mar, é tão lícita como um usuário do recurso como a pesca. No entanto, o desejo privado para lucro e o desejo do público para fornecer alternativas econômicas nas comunidades rurais, o desenvolvimento da aquicultura nem sempre foi bem planejado. Em diversos países, o advento da aquicultura intensiva destacou deficiências relacionadas principalmente à legislação. Embora exista, atualmente, uma melhor compreensão das questões ambientais, e uma maior capacidade de tomar decisões racionais sobre novos desenvolvimentos, os locais de exploração para projetos aquícolas permanecem mal localizados, e cultivos em altas densidades sem manejo adequado, causam problemas ambientais (BLACK, 2008).

A aquicultura é um ciência agrária, e como tal faz parte da discussão da sustentabilidade. Hoje em dia, cada indústria parece promover a "sustentabilidade" de diversas formas. Assim, o termo "sustentável" de forma simples, significa um método de coletar ou utilizar um recurso de maneira que o recurso não se esgote ou fique permanentemente degradado (PARKER, 2012a)

Apesar da variedade de recursos pesqueiros, é pequena a abundância destes no nosso litoral, e observa-se que é cada vez menor a quantidade de pescado capturado, uma vez que grande parte desta captura é oriunda da pesca artesanal.

A exploração da lagosta é um importante fator econômico principalmente na região Nordeste do Brasil. Isto porque sendo um recurso de elevado valor comercial, incrementava renda nas comunidades litorâneas, que hoje praticamente estão alijadas da pesca devido a sua baixa produção.

É necessária a busca de opções que venham a minimizar o prejuízo causado as comunidades que pescam lagosta devido ao manejo equivocado da atividade, buscando formas para incrementar a produção de forma sustentável.

Este trabalho tem como objetivo propor a aquicultura como uma alternativa para sustentabilidade das lagostas do gênero *Panulirus* White, 1847, no Brasil.

2 AQUICULTURA

Em 1980, a produção aquícola representava 9% dos recursos da pesca; em 2010, aumentou para 43% acredita-se que essa produção duplicará nos próximos 25 anos. Com a FAO dando incentivo à aquicultura, por ser uma importante fonte de renda e emprego, e também devido à sua grande contribuição para a segurança alimentar e o desenvolvimento de muitos países (LÓPEZ-BAREA et al., 2012).

A aquicultura tem sido praticada há milênios. Suas origens parecem estar enraizadas na China, talvez já em 2.000 a.C. O primeiro registro escrito conhecido descrevendo a aquicultura e seus benefícios foi um livro muito curto em chinês escrito por Fan Li em 460 a.C. Os japoneses supostamente começaram a cultivar ostras, em torno de 3.000 anos atrás, e pictogramas dos túmulos dos faraós do Egito, mostram pessoas que pescam tilápia, em o que parece ser viveiros de cultivo (STICKNEY, 2005).

Está claro que a aquicultura começou de forma independente em várias partes do mundo, e em vários pontos ao longo da costa. A criação de peixes, crustáceos e moluscos teve início com a aquicultura dependente da pesca, ou seja, os organismos eram capturados e posteriormente cultivados, em zonas úmidas ou pequenos viveiros escavados, em povoados localizados próximos a costa. Nestas condições se originou a protoaquicultura, fase que antecedeu a aquicultura, quando técnicas rudimentares, provavelmente, evoluíram entre estas sociedades embora as evidências sejam escassas. Um exemplo destas técnicas seria a construção de viveiros de terra, e em algumas partes do mundo estes foram um pouco mais do que paredes de barro construídas temporariamente, com o objetivo de reter a água e os peixes em sequência, ambos oriundos da inundação sazonal do rio (BEVERIDGE; LITTLE, 2002).

A aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos que além dos peixes incluem plantas (pequenas como fitoplâncton e grandes macrófitas, semelhantes às algas), moluscos (ostras, mexilhões, amêijoas, vieiras, gastrópodes marinhos, lula e polvo), crustáceos (camarões de água doce e marinha, caranguejos, lagostas e lagostins), anfíbios (rãs) e répteis (tartarugas marinhas, tartarugas de água doce, crocodilos e jacarés) (HUNTINGFORD; KADRI; JOBLING, 2012).

Segundo Cavalli (2015) a aquicultura pode ser definida como a criação ou o cultivo de organismos aquáticos em condições parcial ou totalmente controladas. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), três fatores caracterizam esta atividade: **(1)** O organismo tem habitat predominantemente

aquático em algum estágio de seu desenvolvimento; **(2)** A existência de manejo na produção; e **(3)** A criação tem um proprietário, ou seja, não é um bem coletivo.

Muitas definições de aquicultura têm sido propostas, uma definição bastante simples é a seguinte: "A aquicultura é a criação de organismos aquáticos em condições controladas ou semi-controlados", mas pode ser resumida apenas para a agricultura realizada em ambiente aquático (STICKNEY, 2005).

A produção de matéria viva do meio aquático é fundamental para todas as atividades de aquicultura, pois a aquicultura baseia-se na manipulação do ambiente aquático natural ou artificial para a produção de espécies que são úteis para o homem. Portanto, envolve todos os aspectos da produção de seres vivos em água (BARNABÉ, 2005a).

O termo 'aquático' refere-se a uma variedade de ambientes aquáticos, incluindo de água doce, água salobra e marinha. "Organismos aquáticos" que são de interesse no que diz respeito à alimentação humana incluem uma grande variedade de plantas, invertebrados e vertebrados (STICKNEY, 2005).

Como a agricultura, a aquicultura, envolve cultivo controlado, com um ou mais indivíduos donos da produção. Hoje em dia a pesca é diferente da aquicultura, no entanto é influenciada por ela. Uma vez que a pesca envolve captura e acesso público geral na produção. E a aquicultura, por sua vez, beneficia a pesca através do repovoamento de peixes e outros organismos nos rios, lagos e oceanos (PARKER, 2012b).

No cultivo terrestre não há distinção entre a cultura de plantas e criação de animais terrestres, onde as plantas e os animais cultivados podem ser manejados separadamente, mas existem diferentes restrições impostas pelas características da espécie a ser cultivada. Em comparação, na aquicultura, o crescimento de peixes em altas densidades tem todas as características da criação de animais terrestres, enquanto o cultivo de mexilhões ou de ostras depende mais das condições sazonais naturais, sendo mais similar às culturas de plantas terrestres (BARNABÉ, 2005a).

A evolução acelerada da aquicultura deve ser feita de forma ecológica, sendo muito mais que um exercício simples de tecnologia - é um exercício ambiental multidisciplinar e multi-institucional. Milhões de pessoas cujas vidas dependem dos recursos marinhos através da pesca e as que dependem da agricultura necessitam da concepção de um sistema planejado para incluí-las, e assegurar o seu futuro. Alterações comportamentais serão necessárias, podendo ser realizadas através de investimentos sociais, subsídios estratégicos e mecanismos de mercado que facilitem a mudança no comportamento dos consumidores (COSTA-PIERCE, 2002).

Mas com a globalização, os pequenos produtores estão enfrentando novas oportunidades e desafios. A liberalização do mercado dos países em desenvolvimento, nas últimas três décadas, levou a retirada do Estado da prestação de serviços e o fim aos mercados garantidos. Isso tem afetado desproporcionalmente os pequenos produtores, que são menos capazes do que os grandes produtores de lidar com o aumento dos riscos relacionados aos mercados (KASSAM; SUBASINGHE; PHILLIPS, 2011).

3 SUSTENTABILIDADE E AQUICULTURA

A sustentabilidade tem significados diferentes para pessoas diferentes. Por exemplo, algumas pessoas acreditam que qualquer sistema de produção de alimentos que depende de recursos não renováveis, como o petróleo, não é sustentável. Outras afirmam que este não é um aspecto importante da produção sustentável de alimentos, porque eles acreditam que fontes de energia alternativas serão encontradas. O Congresso dos Estados Unidos definiu sustentável no “*Food, Agriculture, and Trade Act*”, em 1990. De acordo com a sua definição, há sete principais características para um sistema de produção de alimentos ser sustentável (PARKER, 2012a): **(1)** Satisfazer as necessidades humanas para alimentar agora e no futuro; **(2)** Produção integrada de plantas e animais; **(3)** Não interferir, o máximo possível nos processos e ciclos naturais; **(4)** Serem projetados especificamente para atender às condições biológicas, sociais e econômicas, do local para onde são projetados; **(5)** Deve fornecer uma renda justa para a família produtora; **(6)** Proteger os recursos naturais; e **(7)** Melhorar a qualidade de vida para os aquicultores e para a sociedade como um todo.

Novas áreas de pesquisa são abertas criando laços mais estreitos entre a ciência e a produção, e entre a aquicultura e a biologia marinha experimental (STØTTRUP; MCEVOY, 2003). Para incremento de sua sustentabilidade e prover sustentabilidade, a aquicultura utiliza diversos instrumentos para controle e incremento da produção a fim de otimizar o uso das estruturas buscando melhorar a produção e produtividade.

Para prevenção e controle de doenças de animais aquáticos há um código denominado “*Aquatic code*” que serve como ferramenta e tem como objetivo garantir a segurança sanitária para o comércio internacional de animais aquáticos (peixes, moluscos e crustáceos) e seus produtos. Isto é conseguido através do detalhamento das ações de sanidade a serem utilizados pelas autoridades competentes de países importadores e exportadores para evitar a transferência de agentes patogênicos para os animais ou os seres humanos (BERNOTH, 2006).

A biotecnologia é utilizada em diferentes ramos na aquicultura. Pesquisadores usam transgênicos para introduzir características desejáveis em peixes criando assim estoques mais resistentes. Transgênicos envolvem a transferência de genes de uma espécie para outra, neste caso peixes. Outros caminhos em que a biotecnologia é aplicada para aquicultura incluem: aumento das taxas de crescimento e controle os ciclos reprodutivos através da aplicação de hormônios, produção de novas vacinas e

desenvolvimento de organismos resistentes a doenças (ARVANITTOYANNIS; TSERKEZOU, 2009).

A preocupação com os impactos ambientais causados pela aquicultura é relativamente recente, aumentando com a industrialização da criação de peixes, e tem atraído a atenção de ambientalistas e conservacionistas, bem como, das entidades reguladoras e do público em geral (HUNTINGFORD; KADRI; JOBLING, 2012). É cientificamente defensável que uma regulação transparente da aquicultura seja necessária para proteger o meio marinho, garantir o fornecimento de serviços ambientais para todos os usuários, e promover a adoção das melhores práticas ambientais (BLACK, 2008). É preciso um equilíbrio entre a pressão do desenvolvimento e a conservação dos ecossistemas, como o manguezal, para crescimento da aquicultura sustentável, num quadro de conservação e aplicação de gestão (FITZGERALD-Jr., 2002).

De acordo com PARKER (2012a) um sistema sustentável de aquicultura precisa cumprir as seguintes normas: **(1)** Base de dados para a ciência, para determinação de novos caminhos; **(2)** Seguir os princípios do mercado; **(3)** Aumento da rentabilidade e redução do risco; **(4)** Satisfazer a necessidade humana por alimentos seguros e nutritivos; **(5)** Conservar e buscar fontes de energia; **(6)** Cultivar mantendo a saúde do solo; **(7)** Conservar e proteger os recursos hídricos; **(8)** Reciclar ou gerenciar os resíduos produzidos; **(9)** Selecionar os animais e cultivos apropriados para o ambiente e os recursos disponíveis; **(10)** Controlar pragas com o mínimo impacto ambiental; **(11)** Apoiar as comunidades para que elas se tornem fortes; e **(12)** Promover a responsabilidade social e ambiental.

Práticas promissoras na aquicultura para a intensificação sustentável, tais como, modernos sistemas de policultivo, cultivo em gaiolas e sistemas utilizando *raceway* com descarga de efluentes zero, provavelmente trará um aumento importante na produção. Embora estes sistemas também resultem em um aumento dos custos operacionais e de capital, em relação aos sistemas de aquicultura convencionais, eles são mais aptos para ter maior produtividade através da intensificação, considerando-se a área utilizada para a construção (EDWARDS, 2015).

O ambiente aquático é provavelmente mais ameaçado pelas atividades humanas do que qualquer outro; é bem conhecido e aceito que todos os resíduos sejam no final carregados para o mar. A situação no Mediterrâneo e no Mar Báltico, mares fechados, já é crítica. Mas as atividades aquícolas marinhas, como o cultivo do salmão, estão interferindo positivamente com a pesca marinha e estuarina provendo sustentabilidade. A

produção de centros de incubação tem contribuído com a pesca de salmão na região do Alasca e do Canadá através da produção em cativeiro (BARNABÉ, 2005b).

Independentemente da forma de como a aquicultura é comparada a outras atividades que causam impactos negativos, o seu próprio desenvolvimento será prejudicado se as tecnologias adotadas degradarem o meio ambiente, como foi demonstrado no colapso de fazendas de camarão ou de tilápia em determinadas áreas. A qualidade da água raramente pode ser mantida de forma viável em fazendas comerciais se as fontes naturais estiverem poluídas e a integridade ambiental da área não for mantida (PILLAY; KUTTY, 2005), sendo indispensável que a aquicultura auxilie na preservação ambiental, para sua própria sobrevivência.

Tecnologias sustentáveis para aquicultura que atualmente recebem considerável atenção são: sistemas de recirculação, aquaponia, e aquicultura em sistema multitrófico integrado (IMTA) no mar e em terra, são capazes de dar uma contribuição significativa para fornecimento global de pescado no futuro (EDWARDS, 2015), provendo a sustentabilidade nos ecossistemas marinhos.

Apenas uma pequena proporção da produção aquícola mundial (4,6%) é atualmente certificada. A abordagem agora exemplificada pelo Conselho de Gestão da Aquicultura (ASC), tem sido o desenvolvimento de espécies padrões específicas para cada um dos 13 grupos de espécies com maior demanda nos mercados globais de exportação. Estes respondem por 41,6% da produção mundial na aquicultura, em peso, o que deixa 58,4% não cobertos e, portanto, sem certificação. A introdução recente de multiespécies genéricas padrões por dois concorrentes ASC, o Conselho de Certificação da Aquicultura (ACC) e da organização de Boas Práticas Agrícolas (GLOBALG. A.P.), ampliou o potencial de volume certificado, para uma capacidade de 73,5% da produção global (BUSH et al., 2013).

4 AQUICULTURA DE LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE NO MUNDO

Os maiores produtores de lagostas da família Palinuridae através da pesca em 2014 foram Austrália com 11.134 t, Indonésia que produziu 10.062 t, Brasil com 6.787 t e em quarto lugar Bahamas com 6.569 t (FAO, 2016a). Já com relação à aquicultura, em 2014, somente quatro países apresentaram produção comercial de lagostas espinhosas, sendo o maior produtor o Vietnã com 693 t, a Indonésia vem em segundo com 201,96 t, seguidos de Singapura com 43,1 t e Filipinas com 10 t (FAO, 2016b).

Apesar da aparente oportunidade para aumento da produção da lagosta através da aquicultura, os avanços tem sido lentos, apesar de seu alto valor. Isto se deve, principalmente, devido às características biológicas das lagostas que dificultam o cultivo de todo o ciclo de vida em cativeiro (JEFFS, 2010).

4.1 CULTIVO DA FASE LARVAL – FILOSOMAS

De acordo com Kittaka (1994a, b), filosomas podem ser cultivados em água parada ou em sistema de recirculação, podendo ainda ser cultivados individualmente ou em grupo, por não apresentarem canibalismo.

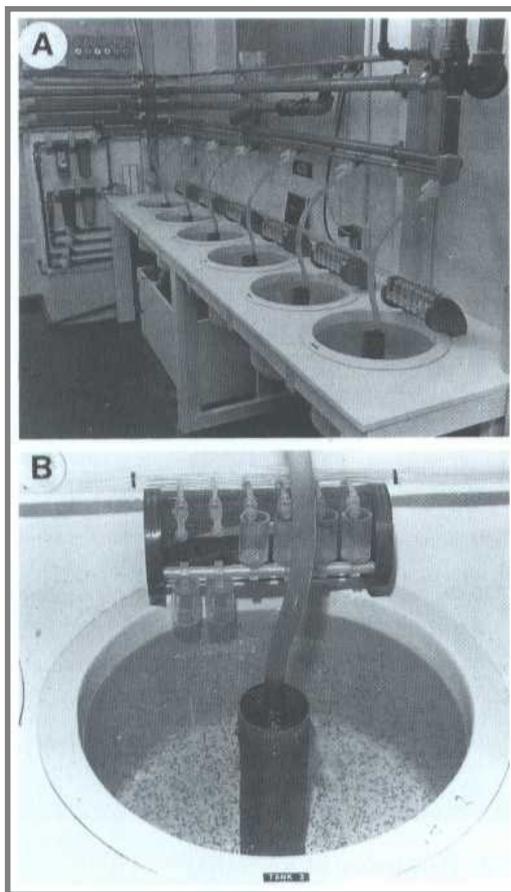
Hughes, Shleser e Tchobanoglous (1974) desenvolveram um sistema de cultivo larval (Figuras 1 e 2), modificado por Inoue (1978), que projetou um tanque circular com suprimento constante de água e pequenos furos no fundo para criar correntes de 2-4 cm s⁻¹, sendo cultivado um único filosoma de *Panulirus japonicus* até 11^o estágio neste tipo de tanque.

Figura 1 - Vista geral do tanque de cultivo larval utilizado no sistema desenvolvido por Hughes, Shleser e Tchobanoglous (1974).



Fonte: AIKEN; WADDY, 1995.

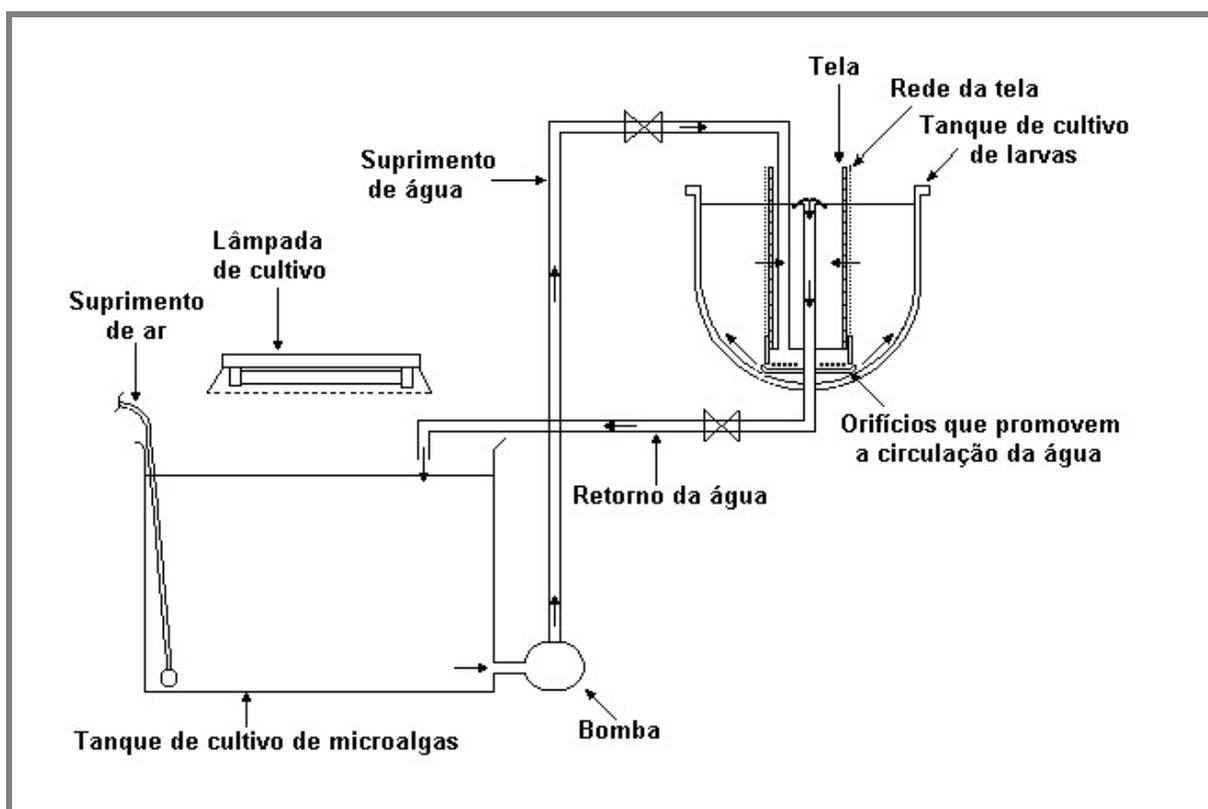
Figura 2 - Sistema de cultivo larval desenvolvido por Hughes, Shleser e Tchobanoglous (1974): **(A)** Bancada com vários tanques de cultivo de larvas; e **(B)** Tanque de cultivo, em funcionamento, mostrando as larvas e o alimentador automático.



Fonte: AIKEN; WADDY, 1995.

Kittaka (1988) obteve sucesso no cultivo de filosomas, aproveitando o sistema desenvolvido por Hughes Shleser e Tchobanoglous (1974), realizando várias modificações tornando-o um sistema de circulação fechada, no qual, foi possível incluir o cultivo de microalgas. Combinando-se tanque de cultivo de filosomas e de microalgas no mesmo sistema (Figura 3) (KITAKA, 1994a, b).

Figura 3 - Desenho esquemático de sistema para cultivo de larvas de lagosta espinhosa, composto por um tanque de cultivo de microalgas e um tanque de cultivo de filosomas.



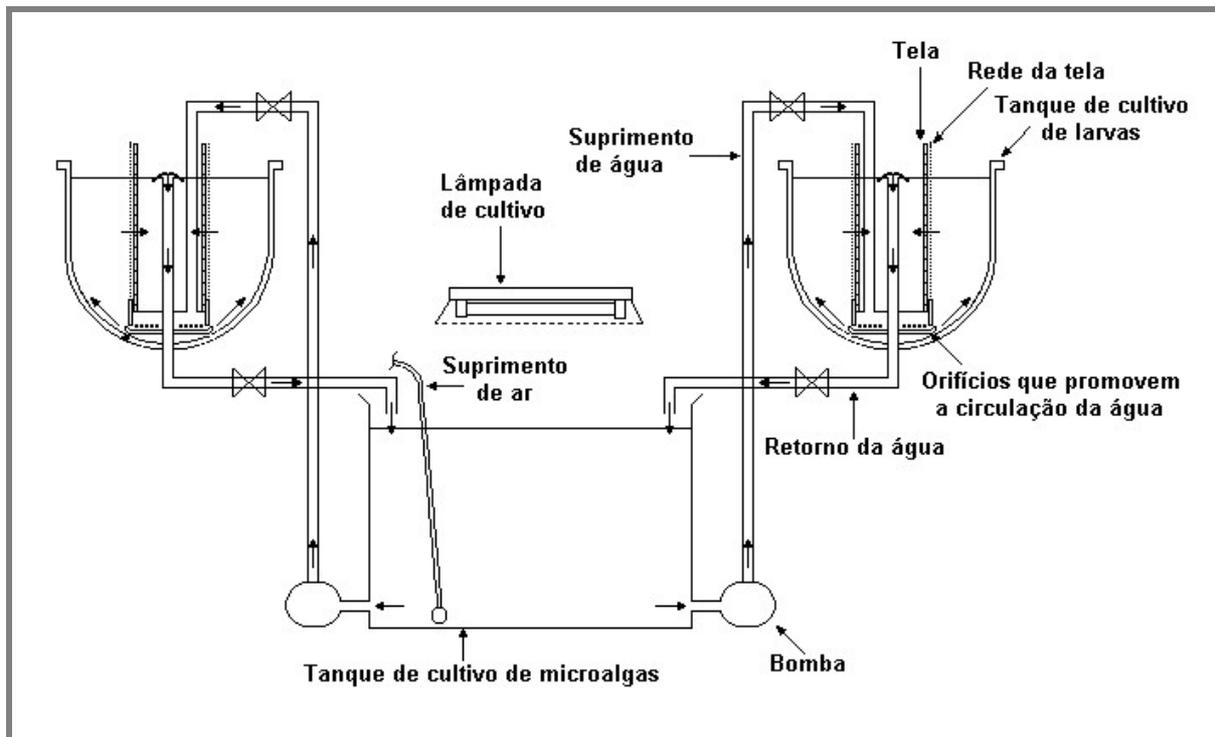
Fonte: Adaptado de KITAKA, 1994b.

Normalmente inocula-se em torno de 60 a 70 milhões de células mL^{-1} de microalgas, cerca de 5 a 10% do total da água de cultivo, na nova água preparada para o cultivo de filosomas (KITAKA, 1988).

Kittaka (1994b), utilizou tanques de 16, 30 e 100 L para cultivo de filosomas. Os tanques de 16 L com fundo côncavo foram feitos de vidro, ao passo que os tanques de 30 e 100 L possuíam o fundo plano e foram confeccionados em plástico transparente para permitir a observação dos filosomas. Este formato foi utilizado para cultivo com pequeno número de larvas, particularmente para os estágios mais avançados. Posteriormente, foi utilizado para o cultivo do 1º instar em grande densidade. A velocidade da corrente do

tanque foi em torno de 5 cm s^{-1} no fundo e em torno de 3 cm s^{-1} na superfície. A tela de proteção para a drenagem da água tinha uma malha para evitar a saída dos filosomas e dos náuplios de *Artemia* do tanque de cultivo. A malha da tela precisava ser substituída a cada 2 ou 3 semanas para ser limpa (Figura 3). Kittaka (1997) projetou um sistema, semelhante a este, que possuía um tanque de cultivo de microalgas, mas com 2 tanques de cultivo de filosomas (Figura 4).

Figura 4 - Desenho esquemático de sistema para cultivo de larvas de lagosta espinhosa, composto por um tanque de cultivo de microalgas e dois tanques de cultivo de filosomas.



Fonte: Adaptado de KITAKA, 1997.

A desvantagem do sistema de recirculação é a ocorrência de ferimentos nos indivíduos danificando os pereiópodos, causado pelo emaranhamento das larvas na rede do tanque de cultivo larval entre os estágios de desenvolvimento do filosoma. Os danos nestes apêndices são menos severos nos primeiros estágios, e o tamanho relativo do filosoma e do tanque de cultivo é considerado fator importante. Quando tanques de cultivo em larga escala foram utilizados, o problema dos ferimentos nos pereiópodos desapareceu (KITAKA, 1994b).

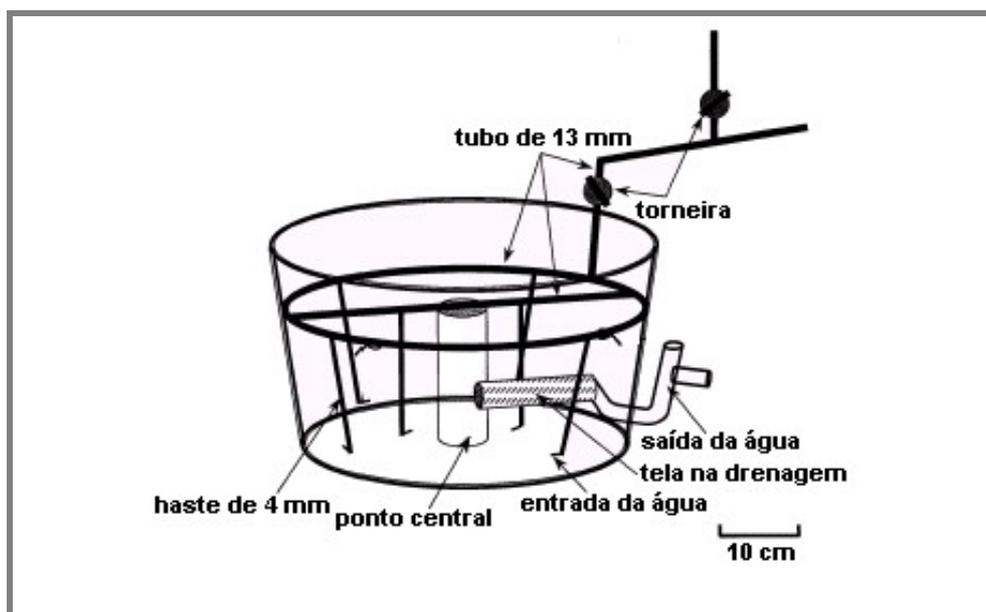
Sekine et al. (2000) cultivaram filosomas de *P. japonicus* em tanques de 1, 5, 40, 80, 150 L com água parada. Já Matsuda e Yamakawa (2000) cultivaram filosomas de

Panulirus longipes utilizando recipientes com capacidade de 120 mL para o cultivo individual, inicialmente, e após o 100º dia de cultivo foram utilizados recipientes com capacidade de 400 mL. Para o cultivo em massa foram utilizados tanques circulares com capacidade de 1,4 L, nos instars iniciais, e posteriormente transferidos para tanques de acrílico com capacidade de 40 L em sistema de recirculação.

Ritar (2001) realizou cultivo de filosomas de *Jasus edwardsii* em um sistema de circulação constante com o tanque de cultivo com capacidade de 35 L (Figura 5).

A temperatura da água é facilmente controlada em tanques com sistema de recirculação (SAISHO, 1966). Entretanto, se a velocidade da água recirculada é aumentada, um transbordamento da água (*overflow*) pode ocorrer devido a um entupimento na rede. Inversamente, se a taxa de circulação é reduzida, ocorre uma deterioração das condições do fundo do tanque devido a um acúmulo de restos de alimentos e fezes (KITAKA, 1994b).

Figura 5 - Desenho esquemático de tanque com circulação constante utilizado no cultivo de filosomas da espécie *Jasus edwardsii*.

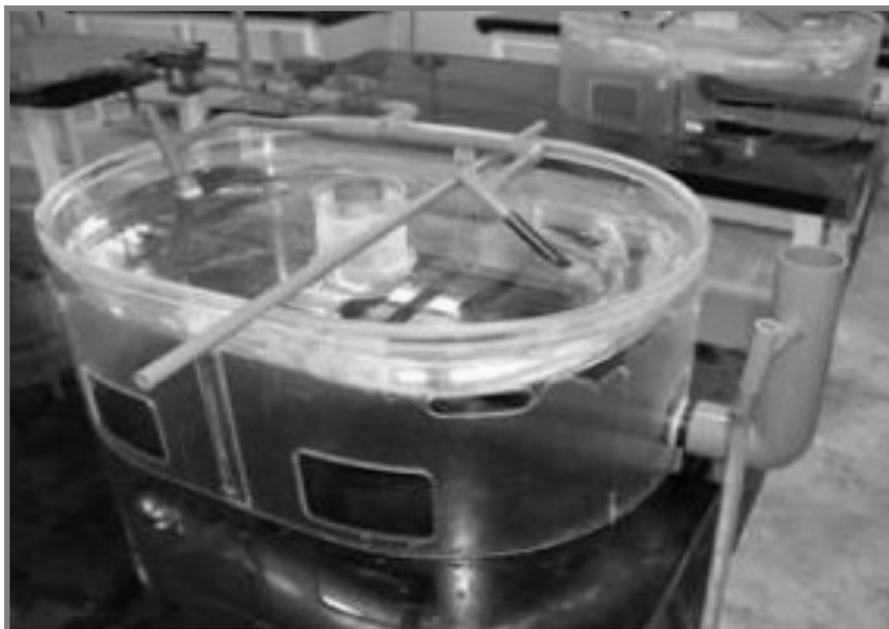


Fonte: Adaptado de RITAR, 2001.

Matsuda e Takenouchi (2005) cultivaram filosomas da espécie *P. japonicus* em tanques feitos de resina acrílica transparente, com fundo elíptico e raso (85 cm de comprimento, 60 cm de largura, e 15 cm de profundidade), cada um com uma capacidade de 40 L (Figura 6). O fundo dos tanques é côncavo, tendo cantos suavemente curvados concebidos para evitar a agregação excessiva de filosomas e uma área plana de

1.500 cm² no centro. A profundidade rasa permitiu que os filosomas fossem bem observados, possibilitando a remoção imediata de restos de comida e ecdises. Os tanques foram abastecidos suavemente com água do mar através de dois tubos de PVC, com 12 mm de diâmetro, com registros em cada saída do tubo, e o fluxo de água foi de 60-70 L h⁻¹. A água entrava de forma controlada criando uma corrente de água marinha moderada nos tanques. A drenagem foi através de um cano de esgoto de 50 mm de diâmetro de PVC montado no centro do tanque equipado com filtros duplos. Os filtros foram construídos em armações de PVC em torno do qual as telas de nylon foram colocadas (o exterior do filtro com tela de malha de 3 mm, e o interior com malha de 0,2 mm); o filtro externo impedia a passagem dos filosomas, e o interno impediu a saída de *Artemia*, alimento utilizado no cultivo.

Figura 6 - Tanque com circulação constante utilizado no cultivo de filosomas da espécie *Panulirus japonicus*.



Fonte: MATSUDA; TAKENOUCI, 2005.

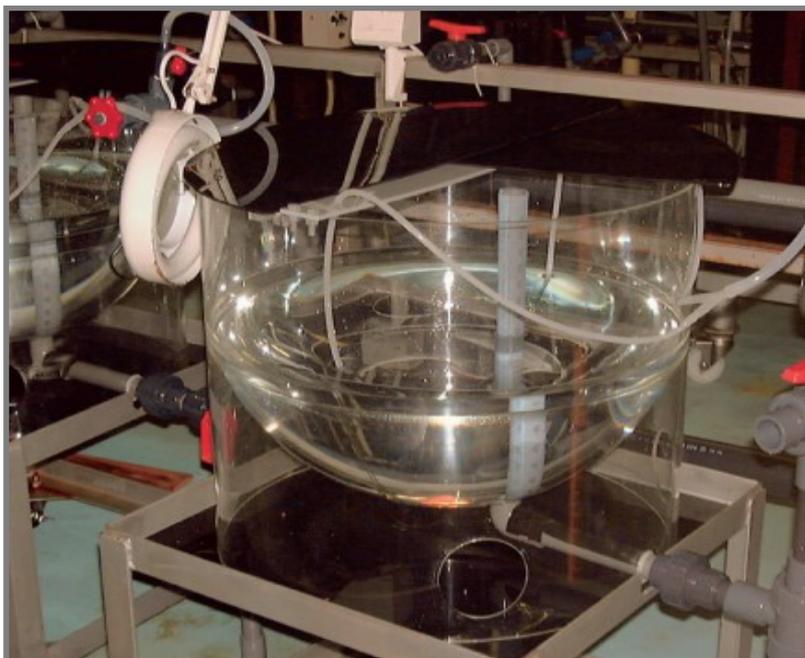
Segundo Murakami, Jinbo e Hamasaki (2007) a abordagem básica para o desenvolvimento de um tanque de cultivo de filosomas é a construção de um sistema que, leve em consideração a forma do corpo da espécie e o comportamento de alimentação, permitindo alimentação eficiente e impedindo que o filosoma venha a danificar seus pereiópodos e outras partes do corpo. Alimentação eficiente aumenta as

chances de encontros entre o filosoma e o alimento, e evita a perda de pereiópodos. Em particular, é necessário diminuir o manuseio dos filosomas imediatamente após a ecdise. Um tanque com um fundo esférico, que Nonaka e Inoue já haviam projetado na década de 1960, tinha sido indicado por ser eficaz na diminuição do contato, e melhor dispersão das larvas. Portanto, Murakami, Jinbo e Hamasaki (2007) modificaram este projeto de tanque para criar um tanque de circulação contínua em forma de estrutura de cultivo com 600 mm de diâmetro, 500 mm de altura e capacidade de 50 L (Figura 7).

As pesquisas continuaram usando o tanque hemisférico (Figura 7). Assim, tornou-se possível cultivar um maior número de filosomas da eclosão até *puerulus*, embora os resultados de cultivo ainda se demonstrassem instáveis. Em 2000, começou a ser desenvolvido um sistema de cultivo rotativo vertical (VRR System) com 300 mm de largura, 600 mm de diâmetro, e capacidade de 70 L, que objetivava manter filosomas e alimento sempre na coluna d'água (Figura 8) (MURAKAMI; JINBO; HAMASAKI, 2007).

Takushi Horita do aquário Toba-Japão introduziu para o cultivo de filosomas um tanque com um sistema de ressurgência modificado (o chamado "*Kreisel*" *plâncton*), que originalmente foi desenvolvido por Greve em 1975 para a manutenção de animais planctônicos, como os filosomas, e produziu vários *pueruli* (Figura 9) (MATSUDA; TAKENOUCHI, 2007).

Figura 7 - Tanque hemisférico de acrílico utilizado no cultivo de filosomas da espécie *Panulirus japonicus*.



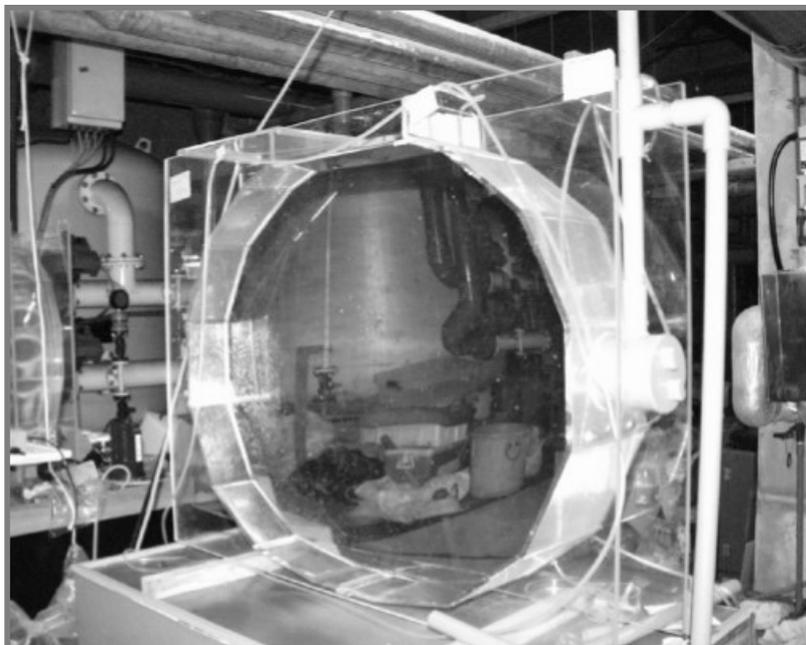
Fonte: MURAKAMI; JINBO; HAMASAKI, 2007.

Figura 8 - Sistema de cultivo rotativo vertical (VRR System), para cultivo de filosomas da espécie *Panulirus japonicus*.



Fonte: MURAKAMI; JINBO; HAMASAKI, 2007.

Figura 9 - Tanque de cultivo para filosomas da espécie *Panulirus japonicus*, utilizado no aquário de Toba-Japão.



Fonte: MATSUDA; TAKENOUCI, 2007.

Matsuda, Takenouchi e Goldstein (2006) cultivaram filosomas da espécie *Panulirus penicillatus*, com densidade inicial de 12,5 filosomas L⁻¹, em tanque de acrílico com capacidade de 40 L e fluxo contínuo com velocidade de 20-60 L h⁻¹, até o estágio pós-larval de *puerulus*.

Goldstein et. al. (2008) cultivaram filosomas da espécie *Panulirus argus* em sistema semelhante ao utilizado por Matsuda, Takenouchi e Goldstein (2006) para o cultivo de *P. penicillatus*, isto é, tanque de acrílico com capacidade de 40 L, mas com fluxo mais elevado e maior densidade. O fluxo também era contínuo, e tinha velocidade de 60-90 L h⁻¹, já a densidade inicial foi de 13,75 filosomas L⁻¹. Os filosomas também foram cultivados até o estágio pós-larval de *puerulus*.

4.2 CULTIVO DA FASE DE ENGORDA

Vários países como Austrália, Nova Zelândia, Índia, Vietnã, Cuba, Cingapura, África do Sul, Bahamas, Malásia, México, Ilhas Turcas e Caicos, Namíbia, Filipinas, EUA, Indonésia, Ilhas Virgens Britânicas e Nova Caledônia, desenvolvem pesquisas para realizar o cultivo de lagostas a partir da captura dos *pueruli* ou juvenis (PHILLIPS et. al., 2013). Dos quatro maiores produtores através da pesca, somente a Indonésia produz lagosta, comercialmente, através da aquicultura (FAO, 2016a e b).

A Austrália investe em pesquisas para produção de lagostas em cativeiro, principalmente, da espécie *Panulirus ornatus*, para definir potencialidades e sustentabilidade em regiões do seu litoral, para evitar problemas já ocorridos em cultivos de outros países (KENWAY et al., 2009).

Pesquisas foram realizadas, do período de 2000 a 2008, para engorda da espécie *P. ornatus* na Austrália, características dos cultivos realizados (JONES; SHANKS, 2009):

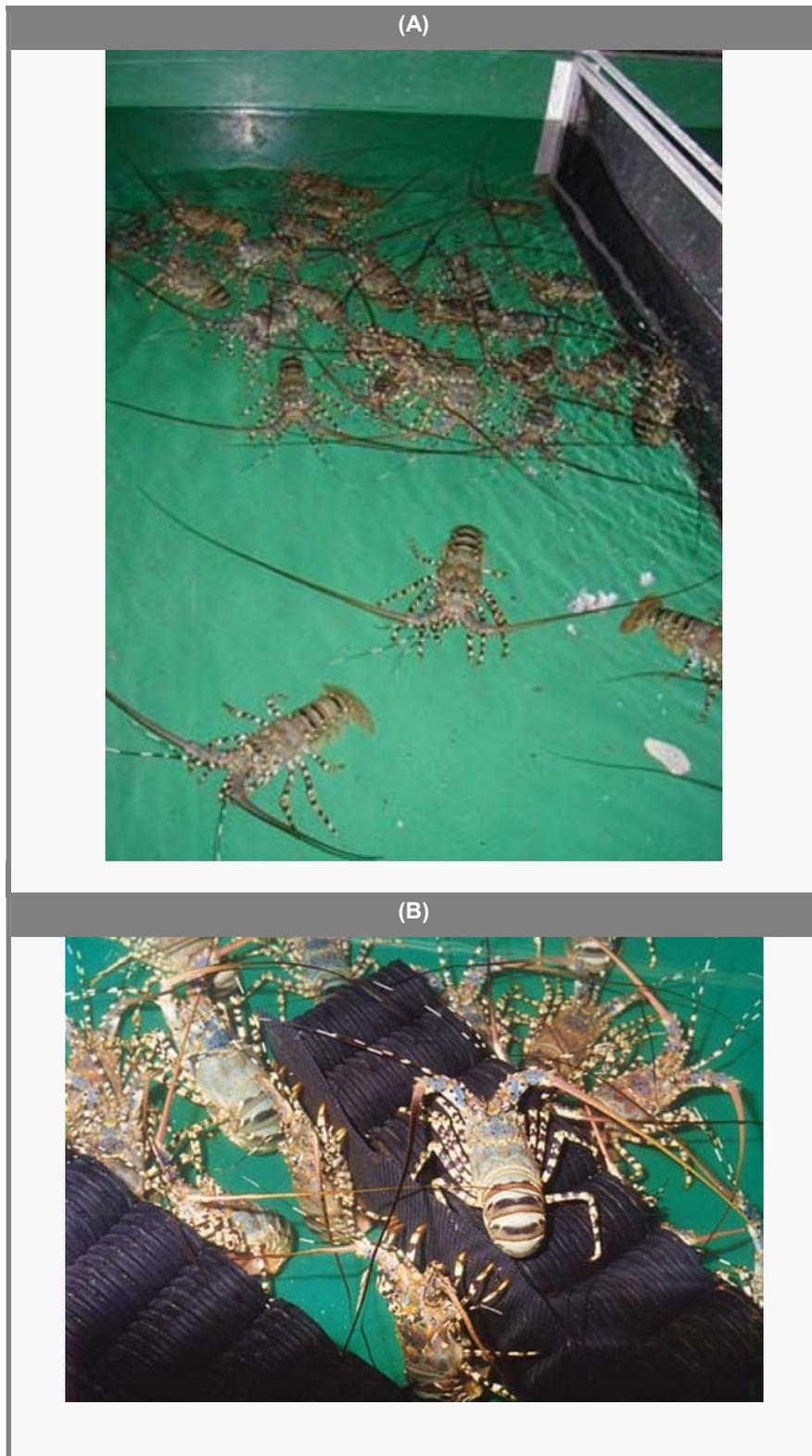
(A) Lagostas: nos experimentos foram utilizados juvenis com tamanho próximo ao comercial, capturados pela atividade da pesca comercial ou coletados manualmente pela equipe de pesquisadores. O peso mínimo legal de *P. ornatus* para pesca local é de aproximadamente 600 g, e tais lagostas pré-adultos são bem adequados à experimentação aplicada para o seu crescimento até o peso mínimo de mercado aceitável é de 1 kg. Os pós-*pueruli* e juvenis menores utilizados na pesquisa também não foram oriundos de cultivo, mas capturados no ambiente.

(B) Cultivo: uma variedade de tanques foi utilizada, dependendo da natureza dos tratamentos e tamanho de lagostas utilizadas. Os sistemas de recirculação foram empregados onde foram investigadas as características de qualidade da água, por exemplo, temperatura e salinidade. Em todos os outros casos, água limpa do mar filtrada foi fornecida através de fluxo contínuo. Para experimentos com juvenis, com período inferior a 100 dias, os tanques eram pequenos, com menos de 1 m², enquanto para experimentos com lagostas maiores, ou com períodos mais longos, um sistema com tanques maiores foi utilizado, com cerca de 2 m² por unidade experimental. Os cultivos apresentaram canibalismo e foram colocados abrigos nos tanques para remediar o canibalismo (Figura 10). Testes de densidade foram realizados utilizando-se de 14 a 43 lagostas m⁻², utilizando tanques de fibra com capacidade de 4.000 L, tipo *raceway* e fluxo contínuo (Figura 10).

(C) Alimentação: dietas foram formuladas e testadas, sendo que a dieta padrão utilizada foi rações peletizadas para camarões que foram ministradas diariamente *ad libitum*, suplementadas com peixe fresco, crustáceos e moluscos frescos, ofertados uma a duas vezes por semana.

(D) Perspectivas futuras: Experimentos de engorda de lagostas a partir de 600 g até 1 kg, que estão prontamente disponíveis a partir da pesca, proporcionam uma oportunidade para determinar a adequação de vários sistemas de cultivo, como viveiros de camarão, pois tem viabilidade comercial imediata e exigirá o desenvolvimento de pouca tecnologia. Estudos devem continuar sendo realizados para determinar a viabilidade do cultivo destas espécies em gaiolas no mar, no litoral australiano.

Figura 10 - Modelo de experimento realizado: **(A)** Tanques para engorda com altas densidades, até 43 indivíduos m^{-2} ; e **(B)** Detalhe dos juvenis de *Panulirus ornatus* cultivados e abrigos de coloração escura.

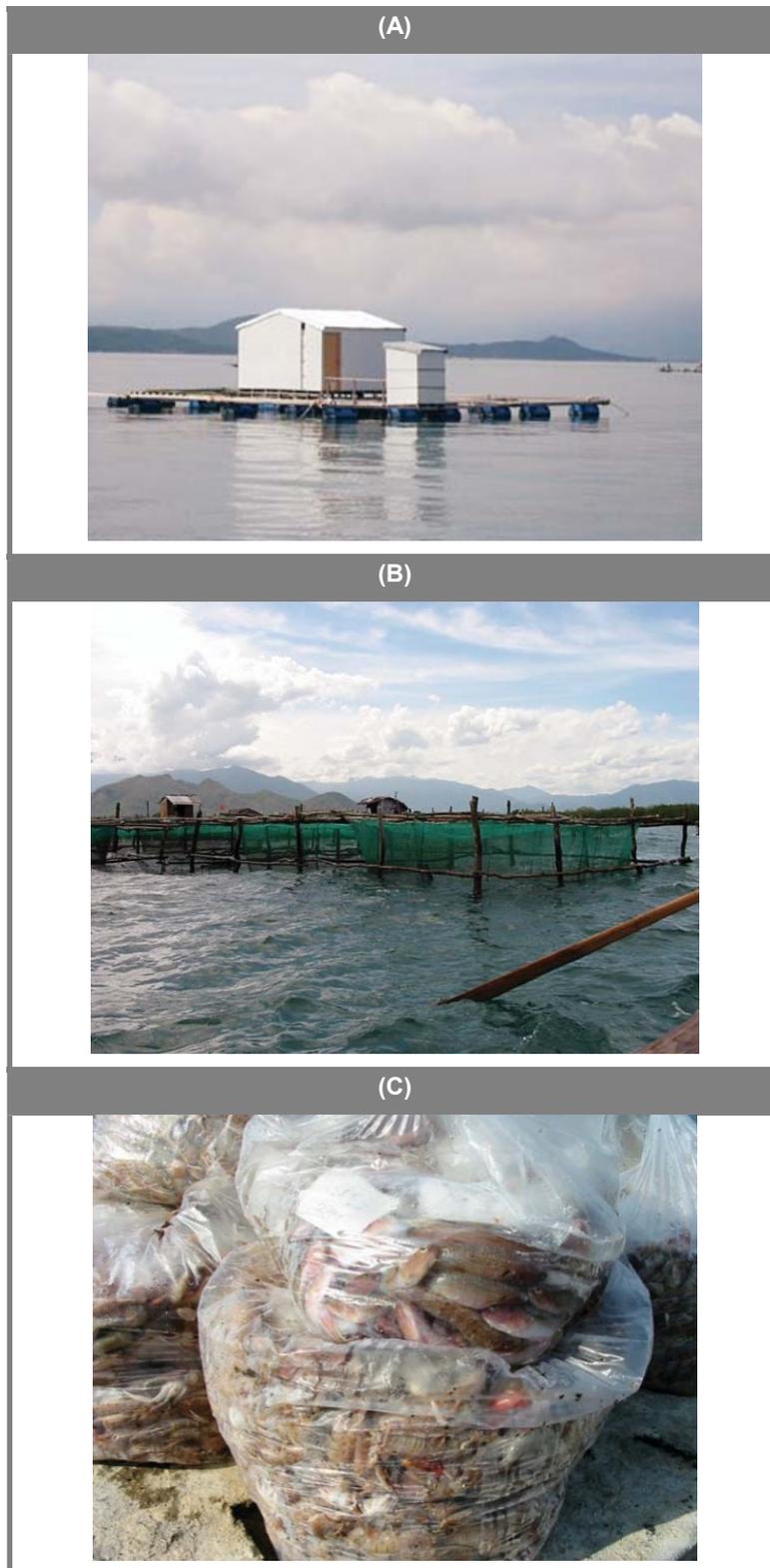


Fonte: JONES; SHANKS, 2009.

O cultivo de lagostas no Vietnã é realizado com as espécies do gênero *Panulirus*: *P. ornatus*, *P. homarus* e *P. stimpsoni*, devido ao crescimento rápido, coloração atrativa, tamanho e alto valor. A espécie *P. longipes* também é cultivada, mas em menores quantidades, descrição dos cultivos (HUNG; TUAN, 2009):

- (A) Lagostas:** o cultivo é realizado com juvenis que são capturados principalmente com redes de cerco, armadilhas e por mergulhadores. Juvenis com comprimento de 1-15 cm são capturados, mas o tamanho preferido para o cultivo é de 4-6 cm, mas o tamanho médio de captura varia muito ao longo do ano.
- (B) Cultivo:** as gaiolas são projetadas de várias maneiras, dependendo das características da área de cultivo e da situação financeira dos pescadores. As gaiolas flutuantes são normalmente localizadas em águas com profundidade de 10-20 m (Figura 11). As gaiolas fixas tem estrutura de madeira resistente, com área de fundo de normalmente 20-40 m², mas podem chegar a 200-400 m² (Figura 11). As gaiolas submersas possuem formato quadrado ou retangular com uma área que normalmente varia entre 1-16 m² e altura de 1,0-1,5 m.
- (C) Alimentação:** as lagostas são alimentadas, exclusivamente, com alimento fresco, pedaços de peixes, crustáceos e moluscos. As lagostas menores são alimentadas 3-4 vezes dia⁻¹, os peixes são picados e a concha dos moluscos retirada. Para lagostas maiores (>400 g) a alimentação é de 1-2 vezes dia⁻¹, e não há necessidade de cortar o peixe e retirar as conchas dos moluscos. A intensidade de alimentação das lagostas é aumentada fortemente pouco antes da ecdise. Nos últimos meses do ciclo de cultivo, a quantidade de moluscos e crustáceos é aumentada, enquanto a quantidade de peixe é diminuída (Figura 11).
- (D) Perspectivas futuras:** o rendimento máximo sustentável dos *pueruli* e juvenis de lagosta deve ser determinado para fins de gestão, até que a produção larval de lagosta em cativeiro seja viável comercialmente. A sustentabilidade dos *pueruli* e juvenis de lagosta sendo capturadas para a aquicultura, engorda, deve ser avaliada com base em impactos técnicos, econômicos e ambientais.

Figura 11 - Características do cultivo de lagostas realizado na província de Khanh Hoa, Vietnã: **(A)** Gaiolas flutuantes; **(B)** Gaiolas fixas, com estrutura de madeira; e **(C)** Peixes e crustáceos utilizados para alimentar as lagostas.



Fonte: Adaptado de HUNG; TUAN, 2009.

Na Indonésia, as lagostas também são cultivadas a partir de juvenis capturados do ambiente. Duas espécies de lagosta são predominantes: *P. ornatus* e *P. homarus* que são as mais abundantes, e em menor quantidade, *P. versicolor* e *P. longipes*. As espécies *P. homarus* e *P. ornatus* são as mais valiosas para comercialização. Algumas características dos cultivos (SARIFIN, 2009):

(A) Lagostas: o método de captura dos animais para cultivo é muito variado e pode capturar do *puerulus* ao juvenil de maior tamanho. Os *pueruli* são capturados como subproduto de armadilha utilizada para captura de peixes. Há também o uso de coletores, onde os materiais mais comuns utilizados são pacotes de sacos de arroz ou lona. Para os juvenis não parece haver qualquer método de captura, eles são capturados como um subproduto de outra atividade de pesca, o peixe. Alguns juvenis também são observados nos flutuadores e gaiolas e são coletados quando encontrados, podendo ser capturados também com coletores. Os juvenis são coletados em menor número, mas são preferidos para o cultivo porque são mais resistentes, tem mais chances de sobreviver (Figura 12).

(B) Cultivo: a mortalidade durante a fase pós-*puerulus* é muito alta, 50-60%, atribuível, principalmente, ao canibalismo. Sobrevivência de lagostas na fase juvenil é em torno de 60-90%, pois alguns aquicultores têm sobrevivências muito boas (>90%), e outros muito baixas (<50%). A fase de engorda envolve classificação periódica, geralmente em três fases: uma fase de berçário, de pós-*puerulus* até 2 cm de comprimento total; uma fase juvenil, a partir de 2 cm de comprimento total até 50-100 g; e uma fase de engorda, para o tamanho do mercado que varia de 200-300 g para *P. homarus* e 300-500 g para *P. ornatus*. A fase inicial de cultivo é realizada em gaiolas com 3,5 m³, com 28 *pueruli* m⁻³, na intermediária os juvenis são cultivados em gaiolas de 9 m³, em densidade de até 20 juvenis m⁻³ e na última fase de cultivo, engorda, as lagostas são colocados em gaiolas maiores com 10 indivíduos m⁻³ (Figura 12).

(C) Alimentação: as lagostas são alimentadas basicamente com peixes, subprodutos de outras pescarias. O alimento é totalmente fresco, sendo cortados e ministrados diariamente após a atividade de pesca noturna ser concluída.

(D) Perspectivas futuras: depois de várias pesquisas sobre a atividade aquícola, com coleta dos *pueruli* e juvenis, e comercialização, é evidente que as questões mais importantes que devem ser abordadas para promover o desenvolvimento do cultivo de lagostas como: cadeia produtiva e mercado, avaliar o impacto ecológico da coleta de sementes de lagosta e melhorar a qualidade dos alimentos, de modo a promover um melhor crescimento, sobrevivência e aparência externa (coloração).

Figura 12 - Cultivo de lagostas na Indonésia: **(A)** Balsa com gaiolas suspensas; **(B)** Algas colocadas nas gaiolas de lagostas juvenis para fornecer abrigo; **(C)** Juvenis de *Panulirus homarus*; e **(D)** Fêmea ovígera de *Panulirus homarus*, com 300 g.



Fonte: Adaptado de SARIFIN, 2009.

Nas Filipinas o cultivo de lagosta é praticado em gaiolas flutuantes feitas de nylon. *P. ornatus* pesando 100-300 g é estocada com 8 indivíduos m⁻² atingido 0,8 a 1,3 kg em 6 a 15 meses. A sobrevivência quando as lagostas são estocadas com maior tamanho é superior a 90%, enquanto quando estocadas juvenis com tamanho entre 30 a 80 g, a sobrevivência é inferior a 50%. O alimento principal é peixe de baixo valor comercial, que é obtido em US\$ 0,13 a 0,22 por kg. O preço de venda da lagosta viva foi de US\$ 21-31 kg⁻¹; portanto, um FCR (fator de conversão de ração) superior a 10 ainda pode ser rentável (RADHAKRISHNAN, 2012).

Fazenda para cultivo de lagostas no mar demonstra ser uma oportunidade atrativa em muitos locais do Sudeste da Ásia porque a captura dos *pueruli* e/ ou pré-juvenis e engorda em cativeiro envolve tecnologia simples, pouco capital, e é ideal para as empresas se instalarem em povoados. Eles podem fornecer um benefício significativo para a evolução econômica e social das comunidades mais carentes destas regiões (JONES, 2010).

No geral, há boas perspectivas de futuro para a produção aquícola de lagostas para suprir a crescente demanda global por seus produtos e subprodutos, principalmente devido à restrição existente no fornecimento através da pesca (JEFFS, 2010).

5 AQUICULTURA DE LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE NO BRASIL

A exploração pesqueira da lagosta no Brasil, mais especificamente na região Nordeste começou em meados dos anos 1950 (PAIVA, 1997; PHILLIPS; MELVILLE-SMITH, 2006), quando já era um dos maiores produtores (FAO, 2016a), mas com relação à aquicultura não há relatos de produção nos 65 anos de estatística da FAO, de 1950 a 2014 (FAO, 2016b).

No Brasil, estudos para cultivo em cativeiro são poucos, começaram nos anos 1990, em Ponta Grossa, Icapuí-Ceará, pelo Professor Masayoshi Ogawa (Ph.D.) Da Universidade Federal do Ceará, com o Projeto “Minifazenda Marinha: bioecologia de lagostas” que incluía o cultivo de várias espécies marinhas, entre elas, o cultivo de espécies do gênero *Panulirus*: *P. argus* e *P. laevicauda*.

Pescadores de lagosta da referida comunidade, procuraram o Dr. Ogawa para buscar informações sobre a possibilidade de “manter vivas” as lagostas capturadas por embarcações daquele povoado, para serem comercializadas, posteriormente, por um preço melhor, e desta forma evitar a ação de atravessadores que aproveitavam a chegada das embarcações e compravam toda produção por um valor muito inferior ao de mercado, já os pescadores, à época, não tinham estrutura de frigorífico para armazenar as lagostas, e vendê-las posteriormente.

A partir deste momento, foi idealizado um projeto que tinha como objetivo ensinar os pescadores desde o transporte das lagostas nos barcos de pesca para que fossem mantidas vivas em condições para serem colocadas em viveiros no mar, ao cultivo nos viveiros, como também daria a eles outras opções de renda como cultivos de peixes, macroalgas e moluscos, no mar, já prevendo o que está acontecendo atualmente, queda da produção principalmente para quem pratica a pesca artesanal.

Este projeto pioneiro, no Brasil, sofreu resistência por parte de alguns órgãos do governo, e apoio de outros e apesar da obstinação do Dr. Ogawa, o projeto foi paralisado anos depois devido a queda da produção e a dificuldade de financiamento de agências governamentais no Brasil, por classificar este projeto como inviável.

Paralelamente no Laboratório de Recursos Aquáticos (LARAq) do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, foram realizadas pesquisas em reprodução (Figura 13) e larvicultura (Figura 14), com espécies do gênero *Panulirus* que ocorrem no litoral brasileiro, em sistemas de recirculação e água parada.

Os projetos de reprodução foram realizados apenas em sistemas de recirculação, utilizando tanques de fibra com coloração azul, com capacidade de 2.000 L e área de 4 m², com um sistema de filtragem para cada tanque (Figura 13).

Figura 13 - Sistemas de recirculação para manutenção de reprodutores de espécies do gênero *Panulirus*.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Já os cultivos de larvicultura foram realizados em dois diferentes sistemas: em água parada e recirculação. Em água parada o cultivo foi realizado em aquários com capacidade de 20 L, cada, e densidade de 20 larvas L⁻¹, isto é, 400 filosomas/ aquário.

No cultivo em sistema de recirculação foram utilizados 4 sistemas com mesmas características: tanques hemisféricos de acrílico com capacidade de 60 L, com sistema de filtragem individual e densidade inicial de 60 filosomas L⁻¹ (Figura 14) (ABRUNHOSA; SANTIAGO; ABRUNHOSA, 2008).

Figura 14 - Bateria de sistemas de recirculação para o cultivo larval de lagostas do gênero *Panulirus*, em detalhe vista superior do tanque de cultivo de filosomas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O cultivo de lagostas no Brasil é uma ferramenta que pode e deve ser utilizada, pois apesar da inviabilidade do cultivo larval, é possível ser feita através da captura dos *pueruli* ou pré-juvenis que têm sobrevivência inferior a 10% no ambiente (BUTTLER; HERRNKIND, 2000) e seguir três caminhos isolados ou em conjunto:

- (1) O cultivo pode ser realizado pela iniciativa privada que, através de quotas para captura pré-determinadas pelos órgãos de controle do governo, em que os animais seriam cultivados até a fase adulta, tamanho de comercialização, neste ponto, uma parte dos animais seria devolvido ao ambiente, e uma quantidade já pré-estabelecida no momento da captura das lagostas, seria liberada em áreas de preservação pré-determinadas pelo governo;
- (2) Através de instituições de pesquisa pertencentes ao governo, como as Universidades, onde o cultivo poderia ser desenvolvido, com apoio financeiro, e seria feito o repovoamento de 100% dos animais sobreviventes, em áreas de preservação pré-determinadas pelos órgãos ambientais responsáveis;

- (3)** Outra opção seria, também com a participação das Universidades ou outras instituições de pesquisa governamentais, os animais seriam cultivados até um tamanho próximo ao comercial e seriam repassados para comunidades litorâneas de pescadores participantes do projeto, que realizariam o cultivo até o tamanho comercial, e uma quantidade já pré-estabelacida no momento do recebimento das lagostas, seria liberada no ambiente, em áreas de preservação pré-determinadas pelo governo, sendo as lagostas comercializadas pelos pescadores certificadas como oriundas de cultivo sustentável.

6 DENOMINAÇÃO DA ATIVIDADE CULTIVO DE LAGOSTAS DA FAMÍLIA PALINURIDAE NO BRASIL

A aquicultura possui vários ramos e estes possuem denominações para caracterizá-los, portanto é comum subdividir a aquicultura em diversas modalidades, tais como: algicultura (cultivo de algas); ciprinicultura (cultivo de peixes da família Cyprinidae, carpas); carcinicultura (cultivo de camarões); truticultura (cultivo de trutas); salmonicultura (cultivo de salmão); tilapicultura (cultivo de tilápias); mitilicultura (cultivo de mexilhões); ostreicultura (cultivo de ostras); pectinicultura (cultivo de vieiras); ranicultura (cultivo de rãs); piscicultura marinha (cultivo de peixes marinhos), piscicultura continental (cultivo de peixes de água doce); quelonicultura (cultivo de quelônios) (FIGUEROA; PALACIOS, 1986; LOURENÇO; BITTENCOURT, 1994; FARIAS, 2005; OLIVEIRA et al., 2007; COSTA, 2014).

É importante notar que os dicionários de línguas indicam um termo para referenciar os mais diferentes tipos de “cultura”, sendo esta designação feita em função do tipo de produto ou organismo produzido (algas, plantas, carpas, camarões, trutas, salmões, tilápias, rãs, ostras, mexilhões, vieiras, quelônios etc.). A formação do nome da cultura, geralmente, é baseada no nome do organismo, gênero, família ou classe do organismo cultivado, os quais por sua vez derivam geralmente do latim ou grego.

O termo “**Palinurocultura**” (Palinuridae + cultura) seguiu a indicação de Ratã, Samfira e Perkovic (2012), tais como o ramo da maricultura que trata do cultivo de mexilhões ou mitilicultura (Mytilidae + cultura) ou cultivo de vieiras (Pectinidae + cultura). Desta forma, esta atividade, denominada Palinurocultura, deve ser entendida como o ramo da maricultura que engloba o conjunto das ciências e princípios que regem a prática do cultivo de lagostas da Família Palinuridae.

Um exemplo da importância para definição de termo para cultivo de lagostas é que Cavalli (2015) definiu maricultura como o termo que refere-se à criação e ao cultivo de espécies marinhas ou estuarinas, podendo ser dividida na criação de peixes (piscicultura), crustáceos (carcinicultura) e moluscos (malacocultura) e também no cultivo de algas (algicultura). Referindo-se ainda que a atividade ocorre em estruturas baseadas em terra (viveiros escavados ou tanques) e no mar (balsas, *longlines* ou cordas e gaiolas ou tanques-rede), geralmente em ambientes costeiros abrigados, como baías, enseadas, golfos e lagunas e mais recentemente em mar aberto. Não fazendo nenhuma referência específica ao cultivo de lagostas, uma atividade emergente e um recurso de grande importância para as comunidades litorâneas do Brasil.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As lagostas do gênero *Panulirus* possuem cinco diferentes estádios no seu ciclo de vida: adulto, embrionária (ovo), filosoma (fase de desenvolvimento larval), *puerulus* (fase pós-larval) e juvenil, e a recuperação de estoques naturais depende da complexidade do ciclo de vida da espécie a ser recuperada, podendo demorar décadas. Este é um grande empecilho, porque o gerenciamento de um recurso que envolve uma grande quantidade de pessoas, sendo a maioria de baixa renda, as quais têm a exploração deste, como principal fonte de renda, em um país que possui um grande litoral, se torna difícil de administrar a interrupção da pesca por um tempo longo o suficiente, para permitir a recuperação plena dos estoques;
- A preservação através da aquicultura, com trabalhos que envolvam reposição de estoques, com a participação dos pescadores na atividade de cultivo, para o seu sustento, bem como, para a manutenção do recurso, com a proibição da pesca em áreas pré-definidas, que seriam áreas de preservação permanente, para possibilitar uma recuperação dos estoques. Sabe-se que é um trabalho difícil, mas possível de ser executado;
- O apoio da iniciativa privada também é importante, através da participação direta na execução de tais projetos, como também indireta, via financiamento, de projetos de preservação da lagosta, como de repovoamento dos estoques.

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, Fernando Araujo; SANTIAGO, Andre Prata; ABRUNHOSA, Jaqueline Pompeu. The early phyllosoma stages of spiny lobster *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda: Palinuridae) reared in the laboratory. **Braz. J. Biol.**, [s.l.], v. 68, n. 1, p.179-186, 2008.
- AIKEN, David E.; WADDY, Susan L. Aquaculture. In: FACTOR, Jan Robert (Ed.). **Biology of the Lobster *Homarus americanus***. San Diego: Academic Press, 1995. p. 153-175.
- ARVANITOYANNIS, Ioannis S.; TSERKEZOU, P. Transgenic Fish: Issues and Applications. In: Montet. D.; Ray, R. C (Ed.). **Aquaculture: Microbiology and Biotechnology**: volume I. New Hampshire: Science Publishers, 2009, p. 1-40.
- BARNABÉ, Gilbert. Introdução. In: Barnabé, G. (Ed.). **Aquaculture**: biology and ecology of cultured species. Hemel Hempstead: Taylor & Francis, 2005a, p. 1-8. (Ellis Horwood).
- BARNABÉ, Gilbert. Conclusion. In: Barnabé, G. (Ed.). **Aquaculture**: Biology and Ecology of Cultured Species. Hemel Hempstead: Taylor & Francis, 2005b, p. 393-400. (Ellis Horwood).
- BERNOTH, Eva-Maria. Aquaculture biosecurity: the view and approaches of the OIE (World Organisation for Animal Health) regarding prevention and control of aquatic animal diseases. In: Scarfe, A. D.; Lee, C.; O'Bryen, P. J. (Ed.). **Aquaculture Biosecurity**: prevention, control, and eradication of aquatic animal disease. Ames: Blackwell Publishing, 2006, p. 3-8.
- BEVERIDGE, Malcolm C. M.; LITTLE, D. C. The history of aquaculture in traditional societies. In: COSTA-PIERCE, Barry A. (Ed.). **Ecological Aquaculture**: the evolution of the blue revolution. Oxford: Blackwell Science, 2002, p. 3-44.
- BLACK, Kenneth D. The environmental sustainability of aquaculture: Environmental aspects of aquaculture. In: CULVER, Keith; CASTLE, David (Ed.). **Aquaculture, Innovation and Social Transformation**: volume 17. [s.l.]: Springer Science, 2008. p. 97-114. (The International Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics).
- BRIONES-FOURZÁN, Patricia.; LOZANO-ÁLVAREZ, E. Essential habitats for *Panulirus* spiny lobsters. In: Phillips, B.F. (Ed). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**, Blackwell Publishing, 2 ed., 2013, p. 186-220.
- BUSH, S. R. et al. Certify sustainable aquaculture?, **Science**, 341, p. 1.067-1.068, 2013.
- BUTLER, Mark J.; HERRNKIND, William F. *Puerulus* and juvenile ecology. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 276-301. (Fishing News Books).
- CAVALLI, Ronaldo Oliveira. Maricultura. In: CASTELLO, Jorge P.; KRUG, Luiz C. **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas: Textos, 2015. p. 408-445.

COSTA, Rafaella de Aguiar. **Exigência Proteica para Filhotes de Tracajá, *Podocnemis unifilis* (Tröschel, 1848): Avaliações de Crescimento e Hematológicas**. 2014. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical da Unifap, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.

COSTA-PIERCE, Barry A. Ecology as a paradigm for the future of aquaculture. In: COSTA-PIERCE, B. A. (Ed.). **Ecological Aquaculture: the Evolution of the Blue Revolution**, Blackwell Science, 2002, p. 339-372.

EDWARDS, Peter. Aquaculture environment interactions: past, present and likely future trends, **Aquaculture**, v. 447, p. 2-14, 2015.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global capture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>), 2016a. Acesso em: 01/06/2016.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>), 2016b. Acesso em: 01/06/2016.

FARIAS, Tathiana Zimmermann de. **Assentamento de Larvas do Mexilhão *Perna perna* (L.) em Condições de laboratório**. 2005. 33 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

FIGUEROA, José Luis Arredondo; PALACIOS, Juan Ricardo Juarez. **Manual de Cíprinicultura (Cultivo de Carpas): Parte I - Antecedentes, Sistemática, Biologia, Reproducción inducida, Incubadoras y Desarrollo embrionario**. Mexico: Secretaria de Pesca, 1986. 121 p.

FITZGERALD-Jr., William J. Silvofisheries: integrated mangrove forest aquaculture systems. In: COSTA-PIERCE, B. A. (Ed.). **Ecological aquaculture: the Evolution of the Blue Revolution**, Blackwell Science, 2002, p. 161-262.

GOLDSTEIN, Jason S. et al. The complete development of larval caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in culture. **Journal of Crustacean Biology**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.306-327, 2008.

HUNG, Lai Van; TUAN, L. A. Lobster seacage culture in Vietnam. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny Lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 10-17, 2009.

HUGHES, J. T.; SHLESER, R. A.; TCHOBANOGLOUS, G. A rearing tank for lobster larvae and other aquatic species. **Prog. Fish - Cult.**, [s.l.], v. 36, p. 129-133, 1974.

HUNTINGFORD, Felicity; KADRI, S.; JOBLING, M. Introduction: Aquaculture and Behaviour. In: Huntingford, Felicity; Jobling, M.; Kadri, S. (Ed.). **Aquaculture and Behavior**, Blackwell Publishing, 2012, p. 1-35.

INOUE, M. Studies on the cultured phyllosoma larvae of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*. I. Morphology of the phyllosoma. **Nippon Suisan Gakkaishi**, [s.l.], v. 44, n. 5, p. 457-475, 1978.

JEFFS, Andrew. Status and challenges for advancing lobster aquaculture. In: Vivekanandan, E. (Ed.). Journal of the marine biological association of India, **The Marine Biological Association of India**, v. 52, p. 320-326, 2010.

JONES, Clive, M. Tropical spiny lobster aquaculture development in Vietnam, Indonesia and Australia. In: Vivekanandan, E. (Ed.). Journal of the marine biological association of India, **The Marine Biological Association of India**, v. 52, p. 304-315, 2010.

JONES, Clive, M.; SHANKS, S. Requirements for the aquaculture of *Panulirus ornatus* in Australia. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 98-109, 2009.

KASSAM, Laila; SUBASINGHE, R.; PHILLIPS M. **Introduction**. In: KASSAM, Laila; SUBASINGHE, R.; PHILLIPS M. (Ed.). Aquaculture farmer organizations and cluster management: Concepts and experiences, FAO, 2011, p.1-4.

KENWAY, Matt et al. Potential of seacage culture of *Panulirus ornatus* in Australia. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny lobster aquaculture in the Asia-Pacific region**, ACIAR Proceedings, p. 18-25, 2009.

KITAKA, Jiro. Culture of the palinurid *Jasus lalandii* from egg to *puerulus*. **Nippon Suisan Gakkaishi**, [s.l.], v. 54, n. 1, p. 87-93, 1988.

KITAKA, Jiro. Culture of phyllosomas of spiny lobster and its application to studies of larval recruitment and aquaculture. **Crustaceana**, New York, v. 66, n. 3, p. 257-270, 1994a.

KITAKA, Jiro. Larval rearing. In: PHILLIPS, Bruce F.; COBB, J. Stanley; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster Management**. Oxford: Blackwell Scientific, 1994b. p. 402-423. (Fishing News Books).

KITAKA, Jiro. Application of ecosystem culture method for complete developed of phyllosomas of spiny lobster. **Aquaculture**, [s.l.], v. 155, p. 319-331, 1997.

KITAKA, Jiro. Culture of Larval Spiny Lobsters. In: Phillips, B. F.; Kittaka, J. (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Blackwell Publishing., 2000, p. 508-532. (Fishing News Books).

KITAKA, Jiro.; BOOTH, J. D. Prospectus for aquaculture. In: Phillips, B. F.; Kittaka, J. (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2. ed. Blackwell Publishing, 2000, p. 465-473. (Fishing News Books).

LÓPEZ-BAREA, Juan et al. Omics methodologies: new tools in aquaculture studies. In: Muchlisin, Z. A. (Ed.). **Aquaculture**, In Tech, 2012, p. 361-390.

LOURENÇO, Carlos Alberto Martins de; BITTENCOURT, Paulo Roberto Leal. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: Ibama, 1994. 196 p.

MATSUDA, Hirokazu; TAKENOUCI, Taisuke. New tank design for larval culture of Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, [s.l.], v. 39, p. 279-285, 2005.

MATSUDA, Hirokazu; TAKENOUCI, Taisuke. Development of technology for larval *Panulirus japonicus* culture in Japan: a review. **Bull. Fish. Res.**, [s.l.], n. 20, p. 77-84, 2007.

MATSUDA, Hirokazu; TAKENOUCI, Taisuke; GOLDSTEIN, Jason S. The complete larval development of the pronghorn spiny lobster *Panulirus penicillatus* (Decapoda: Palinuridae) in culture. **Journal of Crustacean Biology**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.579-600, 2006.

MATSUDA, Hirokazu; YAMAKAWA, T. The complete development and morphological changes of larval *Panulirus longipes* (Decapoda, Palinuridae) under laboratory conditions. **Fisheries Science**, [s.l.], v. 66, n. 2, p. 278-293, 2000.

MILLER, Christian L.; OHS, Cortney L.; CRESWELL, R. Leroy. **Candidate Species for Florida Aquaculture: Caribbean Spiny Lobster, *Panulirus argus***. 2013. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FA/FA14700.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

MURAKAMI, Keisuke; JINBO, Tadao; HAMASAKI, Katsuyuki. Aspects of the technology of phyllosoma rearing and metamorphosis from phyllosoma to *puerulus* in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* reared in the laboratory. **Bull. Fish. Res.**, [s.l.], n. 20, p. 59-67, 2007.

OLIVEIRA, Elenise Gonçalves de et al. **Produção de tilápia: Mercado, Espécie, Biologia e Recria**: Circular Técnica N 45. Teresina: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2007. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/new/circular/circular_pdf/circular_45.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

PAIVA, Melquiades Pinto. **Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhos do Brasil**. Fortaleza: Eufc, 1997. 278 p.

PARKER, Rick. Sustainable Aquaculture and Aquaponics. In: Rick Parker (Ed.), **Aquaculture Science**, Delmar, Cengage Learning, 3. ed., 2012a, p. 464-485.

PARKER, Rick. Aquaculture Basics and History. In: Rick Parker (Ed.), **Aquaculture Science**, Delmar, Cengage Learning, 3. ed., 2012b, p. 2-27.

PHILLIPS, Bruce F.; MELVILLE-SMITH, Roy. *Panulirus* species. In: B.F. Phillips (Ed.), **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**, Blackwell Publishing, 2006, p. 359-384.

PHILLIPS, Bruce F. et. al. *Panulirus* species. In: B.F. Phillips (Ed.), **Lobsters: biology, Management, Aquaculture and Fisheries**, Blackwell Publishing, 2, ed., 2013, p. 289-325.

PILLAY, T V R; KUTTY, M N. Sustainability and Environmental Management of Aquaculture. In: PILLAY, T V R; KUTTY, M N. **Aquaculture: principles and practices**. 2. ed. [s.l.]: Blackwell Publishing, 2005. p. 311-320.

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPOSE, K. K. et al. (Ed.) **Handbook on open sea cage culture**, Central Marine Fisheries Research Institute, 2012, p. 96-111.

RATĂ, Georgeta; SAMFIRA, Ionel; PERKOVIC, Anica. **Agricultura English**, [s.l.], Cambridge Scholars Publishing, 2012. 359 p.

RITAR, A. J. The experimental culture of phyllosoma larvae of southern rock lobster (*Jasus edwardsii*) in a flow - through system. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 24, p. 149-156, 2001.

SARIFIN, Bayu Priyambodo. Lobster aquaculture industry in eastern Indonesia: present status and prospects. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny Lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 36-45, 2009.

SAISHO, T. Studies on the phyllosoma larvae with reference to the oceanographic conditions. **Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.**, [s.l.], v. 15, p. 177-239, 1966.

SEKINE, S. et al. Larval period and molting in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* under laboratory conditions. **Fisheries Science**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 19-24, 2000.

STICKNEY, Robert R. The who, what, when and where of Aquaculture. In: Robert R. Stickney (Ed.). **Aquaculture: an Introductory Text**, CABI Publishing, 2005, p. 1-39.

STØTTRUP, Josianne G.; MCEVOY, L. A. Uses de microalgae in aquaculture. In: STØTTRUP, J. G.; MCEVOY, L. A. (Ed.). **Live Feeds in Marine Aquaculture**, Blackwell Science, 2003, p. 253-299.

CAPITULO II: LAYOUT DE LABORATÓRIO PARA PESQUISA, COM ÊNFASE, EM BIOTECNOLOGIA E AQUICULTURA MARINHA

1 INTRODUÇÃO

Entre os muitos benefícios oriundos da indústria aquícola, alguns problemas estão associados, e têm de ser enfrentados, afim de que a aquicultura possa continuar a crescer e prosperar, sem causar problemas ecológicos e sociais (FEUCHT; ZANDER, 2015). Deste modo, um dos desafios ambientais, de proporção global, que atualmente preocupa a humanidade é a escassez de recursos pesqueiros (PORTO, 2010).

A pesca vem passando por um período de estabilização na sua produção com um aumento de apenas 1,02%, nos últimos 10 anos, com uma produção em 2014 de 94.645.128,86 t (FAO, 2016a). Já a produção aquícola mundial, no mesmo período, teve um incremento de 74,92%, com uma produção de 101.139.071,90 t em 2014, 6,86% superior que a produção pesqueira do mesmo ano (FAO, 2016b), sendo que até 2012 a produção mundial pesqueira foi superior a da aquicultura (FAO, 2016a e b).

A resposta para os desafios que se colocam, frente a estes problemas, para o aumento da produção de recursos marinhos, como controle de doenças e danos ambientais está no desenvolvimento dos avanços em biotecnologia, aplicando tecnologias atuais para o cultivo de organismos marinhos, satisfazendo a necessidade crescente do mundo por alimentos, medicamentos e matérias-primas de origem marinha, sem a exploração excessiva e a destruição dos ambientes costeiros (BRASIL, 2010).

As dificuldades quanto à disponibilidade de água em qualidade e quantidade satisfatória para a aquicultura em algumas regiões, assim como, a necessidade imperativa da preservação dos mananciais imposta pela realidade atual, justificam ações no sentido de minimizar o impacto sobre os recursos hídricos, e o uso da água (PORTO, 2010).

Sob este aspecto, os sistemas de recirculação em aquicultura têm sido desenvolvidos para responder ao aumento das regulações ambientais nos países com limitado acesso a terra e água, pois oferecem vantagens em relação ao consumo de água e ciclagem de nutrientes (MARTINS et al., 2010). Desta forma, os sistemas fechados, com água do mar, tem se tornado uma alternativa atraente para pesquisadores, porque são ambientes estáveis, controláveis e reprodutíveis, podendo ser operados em qualquer localidade (FORSYTHE; HANLON, 1980). O *design* e *layout* de um sistema de

maricultura, em um local específico, envolvem inúmeras e diversas considerações, muitas de natureza não técnica, e independente dos requisitos exigidos por um sistema para água do mar. A condução da água é, com certeza, o maior desafio, custo e risco do sistema (HUGUENIN; COLT, 2002a).

Para o aproveitamento completo das vantagens dos sistemas de recirculação, em aquicultura, a troca de água deve ser a mínima possível. Isto implica em uma alta demanda ao sistema de tratamento da água, que deve prover uma eficiente nitrificação, desnitrificação e remoção de matéria orgânica (WIK; LINDÉN; WRAMNER, 2009). O núcleo do sistema inclui unidades de filtração biológica que incorporam processos microbianos naturais (desnitrificação heterotrofia/ autotrofia, nitrificação, redução de sulfato e amônia) para controlar e degradar compostos de resíduos produzidos pelos organismos cultivados que, caso contrário, se acumulariam na água do sistema, causando sérios danos ao cultivo (BRASIL, 2010).

Para realização de pesquisas são necessários diversos passos e planejamento detalhado, que vai desde o tema a ser pesquisado até o objetivo ou objetivos que se busca alcançar, que é a fase de elaboração do projeto, até chegar a uma conclusão esclarecedora do que se está pesquisando que pode ser a esperada ou não, que já é a parte final da execução do que se planejou. De acordo com Porto (2010) a melhor ferramenta da espécie humana é a sua capacidade de reflexão, raciocínio crítico e criatividade. Esta ótica indica que a tecnologia, como fruto da inventividade humana, pode ser uma aliada nesta empreitada.

Assim, este trabalho objetivou determinar um *layout* de um laboratório para pesquisa com ênfase em biotecnologia e aquicultura marinha.

2 METODOLOGIA

A determinação do layout de um laboratório de pesquisa em cultivo de lagostas foi realizada através de pesquisa em bibliografias que tivessem como tema o manejo de lagostas e sistemas sustentáveis.

2.1 PLANEJAMENTO DA ÁREA DISPONÍVEL

O planejamento estrutural do laboratório foi realizado de acordo com a área disponível de 175 m² de forma a atender as exigências de um laboratório de pesquisa em biotecnologia e aquicultura marinha.

O Laboratório de Aquicultura e Biotecnologia Marinha foi subdividido nas seguintes áreas: área de experimentação, área de análise de água, área de armazenamento e preparação de materiais e coordenação do laboratório. O planejamento levou em consideração a execução diária de pesquisas para aquisição e compilação de dados com relação a fatores biológicos, físicos e químicos.

2.1.1 ÁREA DE EXPERIMENTAÇÃO

Na determinação das estruturas a serem utilizadas levou-se em consideração o tamanho, tipo e número, de forma a facilitar o delineamento de trabalhos experimentais desde o manejo inicial até a coleta de dados confiáveis. Que devem ser relacionados aos objetivos e metas de cada projeto e subprojeto implementado. Desta forma esta área foi subdividida em: cultivo biosseguro, sistema de recepção e armazenamento de água, cultivo com bioensaio individual e cultivo em sistemas sustentáveis.

2.1.1.1 CULTIVO BIOSSEGURO

Área destinada a trabalhos diretamente ligados a biotecnologia, como cultivo de microalgas (cepário) e de espécies de macroalgas, que podem ser utilizadas, para enriquecimento de alimento vivo (fito e zooplâncton), entre outros usos, e otimização dos sistemas no tratamento de água (macroalgas).

2.1.1.2 CULTIVO COM BIOENSAIO INDIVIDUAL

Os cultivos individuais são necessários para obtenção de respostas de indivíduos cultivados separadamente, em determinado tratamento específico, como diferentes manejos de água e alimento, os quais poderão dar subsídios aos experimentos realizados nos cultivos coletivos.

2.1.1.3 CULTIVO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS

Nos cultivos coletivos de organismos aquáticos são necessárias estruturas maiores, visando simular situações que podem ocorrer no cultivo comercial, buscando metodologias viáveis que possam ser implantadas para o desenvolvimento da atividade, na área em que se está pesquisando.

O método de cultivo em sistema de recirculação (reuso) de água apresenta características desejáveis, quando se trata de cultivo de organismos aquáticos, uma vez que permite a realização do cultivo em locais onde a água é escassa, possibilitam maior aproveitamento da área de produção, maximizando o uso das estruturas e buscando respeitar a legislação ambiental. Além disso, diminui o uso da água, reduzindo o risco de contaminação de solos e mananciais, tendo em vista que a água é totalmente reaproveitada após filtragem mecânica e biológica.

2.1.1.4 SISTEMA PARA RECEPÇÃO DE ANIMAIS E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Este sistema tem a função de receber os animais quando chegam ao laboratório, para aclimação e adaptação das condições fisiológicas de cada organismo utilizado no cultivo, e manter água de qualidade, para possíveis emergências, como problemas hidráulicos.

O armazenamento de água em um sistema de cultivo de recirculação, utilizando água marinha, se faz necessário por questões de segurança, de forma a prover água de qualidade aos organismos diante de algum imprevisto, que inviabilize a utilização da água de cultivo.

2.1.2 ÁREA DE ANÁLISE DE ÁGUA

Destinada à realização de análises físicas e químicas da água de cultivo, através da utilização de sonda multiparâmetros e espectrofotômetro.

2.1.3 ÁREA DE ARMAZENAMENTO E PREPARAÇÃO DE MATERIAIS

Utilizada na armazenagem de alimentos e outros insumos, para manejo de preparo da alimentação dos organismos cultivados, armazenamento de reagentes e materiais diversos, além de servir como área para processamento dos dados.

2.1.4 COORDENAÇÃO DO LABORATÓRIO

A coordenação localiza-se dentro do laboratório, pois além de determinar o planejamento anual das pesquisas, a coordenação é responsável pela correta execução de cada experimento. Assim, sua localização facilita o planejamento e execução das atividades rotineiras do laboratório.

2.1.5 ESTRUTURAS PARA DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As estruturas foram idealizadas de modo a facilitar a determinação de delineamentos estatísticos, em todos os trabalhos realizados, levando em consideração a área disponível, número de repetições necessárias para cada tratamento utilizado e quantidade de tratamentos que poderiam ser realizados simultaneamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ÁREA DE EXPERIMENTAÇÃO

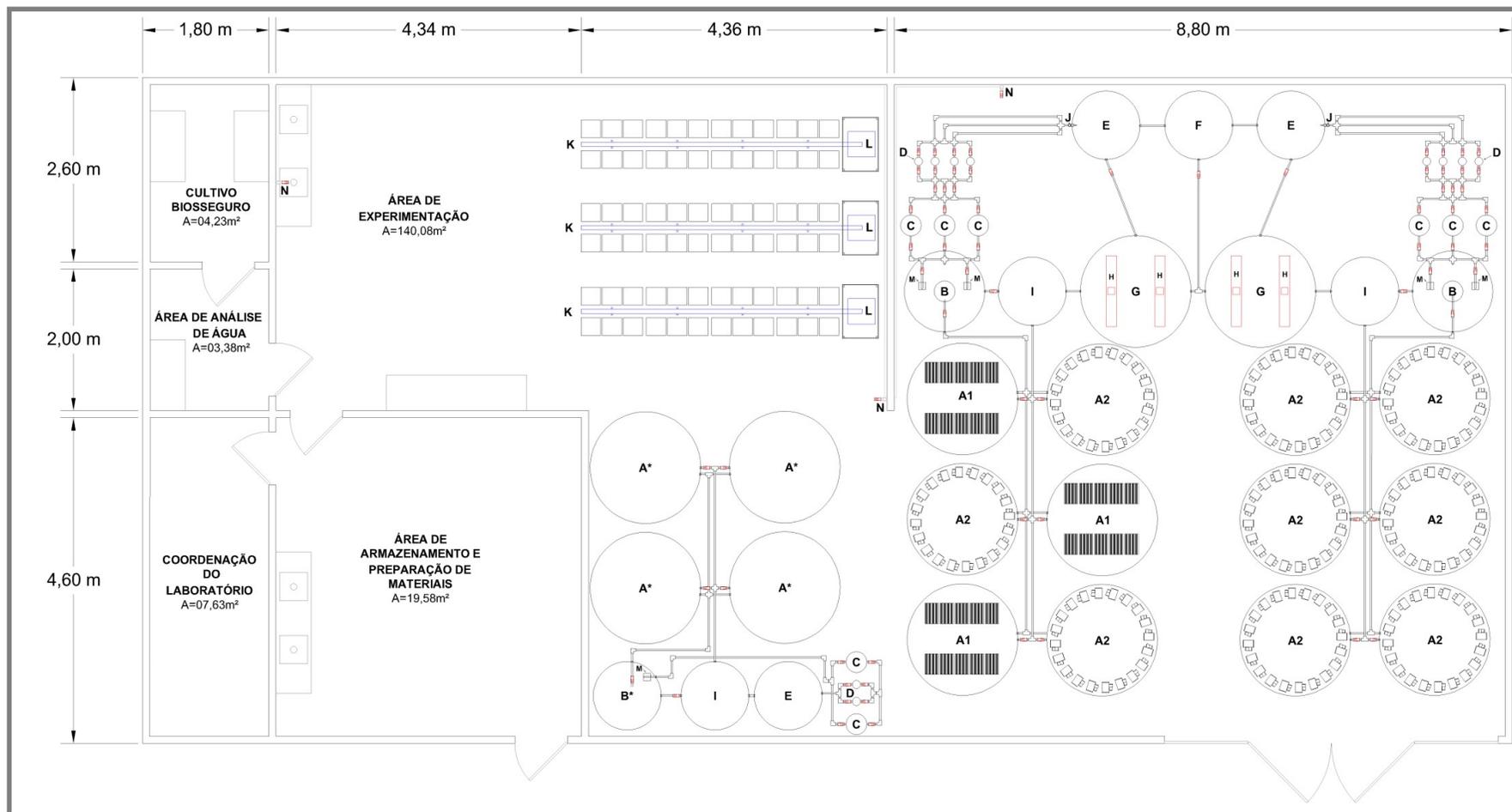
Para realização dos experimentos foi disponibilizada uma área de 144,2 m², relativo a 82,4%, da área total do laboratório. Sendo 4,2 m² para o cultivo biosseguro e o restante destinado ao cultivo com bioensaio, cultivo em sistemas sustentáveis e sistema de recepção de animais e armazenamento de água (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5).

Medidas de biossegurança em aquicultura as quais consistem em práticas que se implantadas minimizam os riscos de introdução de doenças infecciosas no sistema de recirculação têm sido utilizadas, pois também reduzem o estresse animal e fazem com que os organismos cultivados se tornem menos susceptíveis a doenças (YANONG; ERLACHER-REID, 2012), pois é extremamente difícil erradicar uma doença, após um patógeno ter se estabelecido no sistema de recirculação.

Desta forma, levando em consideração os aspectos de biossegurança, esta área foi projetada com a possibilidade de duas entradas para o local de realização dos cultivos, sendo uma pela área de armazenamento e preparação de materiais e outra através da área externa ao laboratório, sendo que esta última é utilizada somente na recepção de organismos para os cultivos e de água marinha para realização dos experimentos e nos trabalhos de desinfecções do laboratório, limpeza de toda a área interna, e retirada ou colocação de estruturas de maior porte.

Uma pia com torneira está disponível nesta área. Registros com filtro para utilização de água sem resíduos de cloro foram posicionados em pontos estratégicos para uso exclusivo na reposição da perda de água, nos sistemas de cultivo, oriunda da evaporação.

Figura 1 - Vista superior do *layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

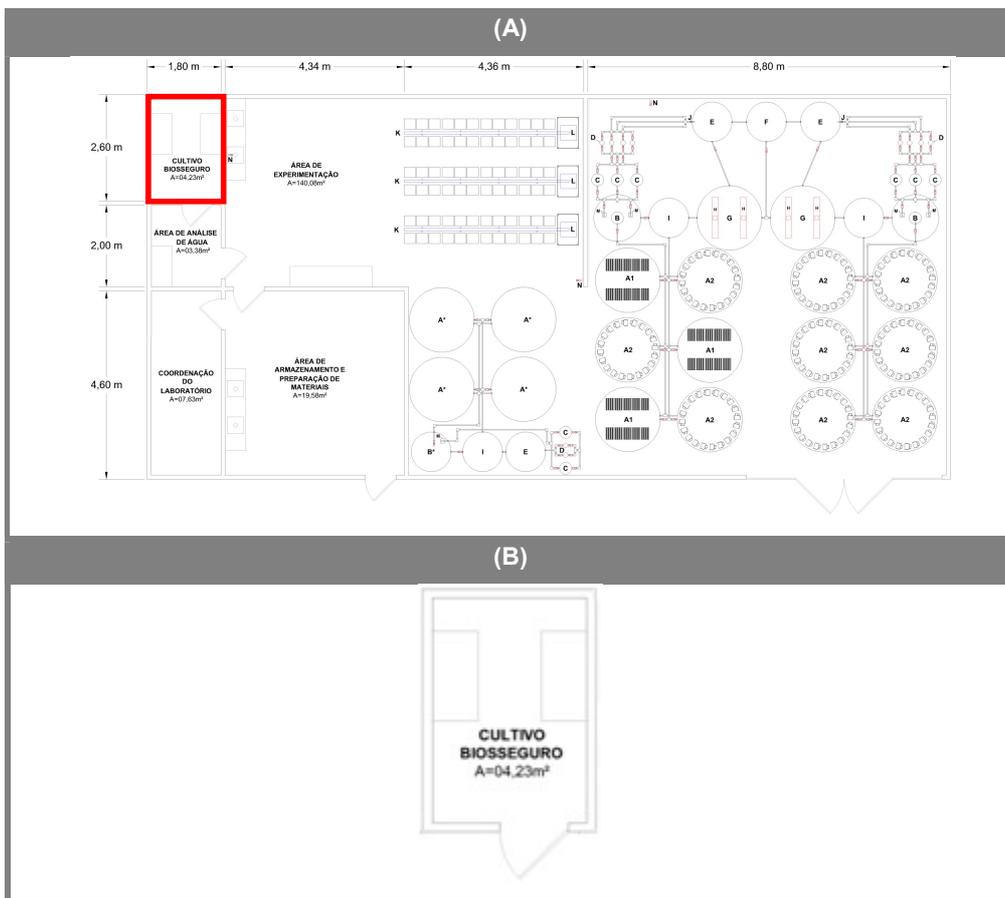
Legenda: **A*** = Tanque de 1.000 L do sistema de quarentena, sem substrato artificial; **A1** = Tanque de 1.000 L do sistema de cultivo, com substrato artificial de tijolos; **A2** = Tanque de 1.000 L do sistema de cultivo, com substrato artificial de tubos PVC de 100 mm soldados a um tubo menor de 40 x 50 mm; **B** = Tanque de recepção da água de 500 L (por gravitação) para bombeamento ao sistema de filtros; **B*** = Tanque de recepção da água de 310 L (por gravitação) para bombeamento ao sistema de filtros; **C** = Filtro com areia organizado em paralelo (Dancor™), com vazão de $2,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; **D** = Sistema de filtros com cartuchos de polipropileno ($5 \mu\text{m}$) em paralelo (3M™), com vazão de $1,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; **E** = Biofiltro com substrato de tampas de garrafa PET; **F** = Tanque de distribuição de água de 310 L; **G** = Biofiltro de algas marinhas, com iluminação artificial; **H** = Lâmpada luz do dia, 18 watts; **I** = Tanque de 310 L com 2 filtros Ultravioleta – UV, 18 watts; **J** = *Skimmer* portátil acoplado à entrada do tanque E; **K** = Bateria de UCI's com volume de $0,005 \text{ m}^3$, cada, para cultivo experimental individual; **L** = Sistema de aeração por 4 sopradores de ar de capacidade 50 L min^{-1} ; **M** = Bomba submersa $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; **N** = Filtro com cartucho e com carvão ativado.

3.1.1 CULTIVO BIOSSEGURO

Para o cultivo biosseguro foi projetada uma sala com acesso restrito, climatizada, com aeração e sistema de iluminação artificial para cultivo de micro e macroalgas, composto por lâmpadas de LED. Neste ambiente são realizados cultivos em pequenos volumes (placas de Petri, tubos de ensaio e *erlenmeyers*). Isto permite a realização de experimentos com repetições planejadas que favoreçam a análise estatística (Figuras 1 e 2).

Segundo Soares (2008) a biossegurança é um conjunto de procedimentos, ações, técnicas, metodologias, equipamentos e dispositivos capazes de eliminar ou minimizar riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, que podem comprometer a saúde do homem, dos animais, do meio ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos.

Figura 2 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, a área de cultivo biosseguro; **(B)** *Layout* da área de cultivo biosseguro.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

3.1.2 CULTIVO COM BIOENSAIO – CULTIVOS INDIVIDUAIS

Para o cultivo realizado em unidades de cultivos individuais (UCI's) foi desenvolvido um sistema com 12 estantes e 24 unidades de cultivo em cada uma das estantes, sendo montadas em 3 linhas, com 4 estantes em cada linha (Figuras 1 e 3).

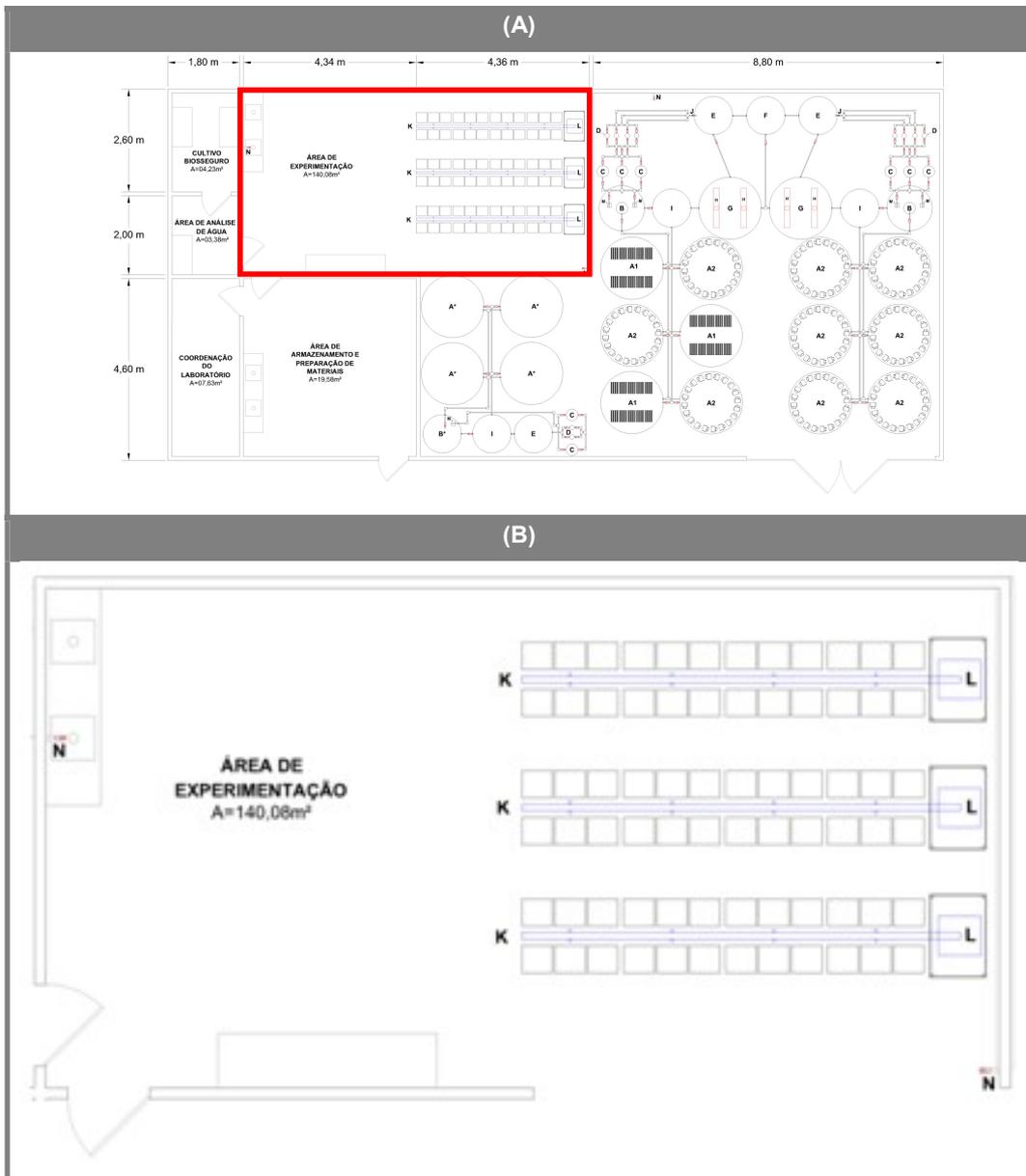
As estantes foram desenvolvidas em PVC soldável de 32 mm, para suportar o peso de até 140 kg, que seria o suficiente para o peso da água e das unidades de cultivo, além da vibração provocada pela aeração.

As UCI's são feitas de polipropileno com coloração preta e capacidade de 5 L, com formato retangular com cantos arredondados (oval) e área de 0,07 m².

Para este sistema foi montado uma estrutura em PVC soldável com 50 mm de diâmetro, por onde são conduzidas as mangueiras de 0,5" que conduzem o ar para cada estante. A partir deste ponto, a aeração é realizada com mangueiras transparentes com 1/8" de diâmetro interno. O fluxo de ar é realizado de forma constante e individual com uma pedra porosa na extremidade da mangueira e uma torneira plástica para controle do fluxo de ar para cada UCI. Um compressor eletromagnético (Boyu™) com capacidade de 50 L min.⁻¹, impulsiona o ar para uma estante, ou para cada 24 UCI's.

O *layout* e *design* executados permitem a realização de até 12 tratamentos com 24 repetições, cada, feitos de forma simultânea, com o cultivo de cada estante sendo executado de forma independente.

Figura 3 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, a área de cultivo com bioensaio; **(B)** *Layout* da área de cultivo com bioensaio.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

3.1.3 CULTIVO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS

Para os cultivos sustentáveis o modelo de sistema utilizado é o de recirculação. Foram montados dois sistemas de recirculação, com seis tanques de cultivo cada. Nestes sistemas a água é tratada e reutilizada, em um fluxo contínuo dos tanques de cultivo para o sistema de filtragem. Além disso, o fluxo de água a ser tratado oriundo dos tanques de cultivo é direcionado por gravidade, a partir do filtro biológico, aos demais processos de tratamento e distribuição de água (Figuras 1 e 4). Segundo Davis e Arnold (1998) e Losordo, Hobbs e Delong (2000) esse mecanismo pode ser visto como uma característica de economia de energia, e favorece à remoção de sólidos, uma vez que são mais facilmente removidos por sedimentação.

Os tanques de cultivo foram feitos de polietileno, com profundidade de 0,67 m e área de 1,5 m², com capacidade de aproximadamente 1.000 L, possuindo drenagem e abastecimento individual.

O sistema de filtragem é composto por filtragem mecânica, fracionador de espuma, filtro biológico, tanque de cultivo de macroalgas e sistema ultravioleta, com as seguintes características, para o tratamento de água do sistema de recirculação:

(A) Filtragem mecânica: em cada sistema são realizados três tipos de filtragem diferentes: através de manta acrílica, três filtros com areia (Dancor™) com vazão de 2,2 m³ h⁻¹, cada, e quatro filtros transparentes, (3M™) com o elemento filtrante composto de cartuchos de polipropileno, com vazão de 1,3 m³ h⁻¹, cada;

(B) Fracionador de espuma - *Skimmer*: feito em PVC, desenvolvido no próprio laboratório, com vazão entre 1-2 m³ h⁻¹. A função do *skimmer* é retirar proteínas e outras substâncias dissolvidas na água antes que elas estejam disponíveis para os microrganismos que colonizam a água do sistema, principalmente, bactérias. No fluxograma apresentado por Davis e Arnold (1998), no sistema de recirculação de água para maricultura o fracionador de espumas localiza-se antes do filtro biológico, de forma a favorecer a ação das bactérias nitrificantes, fornecendo-lhes água com menor concentração de resíduos sólidos dissolvidos, tal qual o *design* apresentado neste trabalho, no qual antes do biofiltro é instalado um *skimmer* portátil. Este ponto torna-se desejável, uma vez que Shields, Stephens e Jones (2006) destacam que em muitas instalações de cultivo de lagosta em sistema de recirculação, a concentração de amônia apresenta efeitos tóxicos em várias

espécies, incluindo as do gênero *Panulirus*, que toleram concentrações máximas recomendadas de 2 mg L⁻¹;

(C) Filtro biológico: feito em polietileno com 310 L de capacidade possuindo aproximadamente 80 m² de substrato feito com tampas de garrafa PET. Dizer a capacidade do biofiltro, diz respeito a quantidade de ração ofertada. Um biofiltro remove 0,2 g m⁻² dia⁻¹ de amônia, sendo que 3% da ração ofertada transformam-se em amônia segundo Huguenin e Colt (2002b). Os biofiltros avaliados em sistemas de recirculação com peixes removem de 0,2 a 0,6 g de amônia m⁻² de área de contato do substrato no interior do biofiltro. Cada tipo de substrato possui uma superfície específica, que é a superfície de contato disponível para a fixação das bactérias (expressa em m²) para cada metro cúbico de volume do substrato. Por exemplo, um metro cúbico de areia fina possui uma superfície de contato equivalente a 5.000 m², ou seja, a superfície específica da areia fina é de 5.000 m² m⁻³. Para a areia grossa esse valor é de 2.300 m² m⁻³ (KUBITZA, 2006). Esferas plásticas de 3 mm possuem superfície específica próxima de 1.700 m² m⁻³. No sistema de filtragem biológica, o ar é introduzido por meio de compressores de ar, de forma a beneficiar a ação das bactérias aeróbicas que colonizam a superfície do filtro (LOSORDO; HOBBS; DELONG, 2000). De acordo com Brasil (2010) a eliminação final dos compostos nitrogenados por grupos de microrganismos selecionados permite a reciclagem do reservatório de água do mar, eliminando a exigência de substituição ou adição de água do mar;

(D) Tanque de cultivo de macroalgas: semelhante ao tanque de cultivo, tem capacidade de 1.000 L de água, possui iluminação constante com lâmpadas fluorescente comum do tipo "luz do dia". Com objetivo de retirar CO₂, amônia, nitrato e fosfato da água de cultivo, foram utilizadas macroalgas marinhas vermelhas da família Gracilariaceae. Marinho-Soriano et al. (2009) avaliaram a capacidade de biofiltração da espécie *Gracilaria birdiae*, e observaram que a espécie absorveu 100% do NO₃⁻ disponível, o fosfato foi reduzido em 93,5% e a NH₄⁺ em 34%. Yang (2001) avaliou a relação custo/ benefício do uso da filtragem biológica da água utilizada em sistemas de recirculação para uso na indústria da aquicultura, e concluiu que existe vantagem econômica e ambiental no uso deste processo;

(E) Sistema ultravioleta: composto por dois sistemas independentes de ultravioleta (Tetrapond™) de 18 watts, cada, com vazão total superior a $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, localizado após todo o processo de filtração mecânica e biológica. Mamane et al. (2010) examinaram a efetividade do uso de um sistema de tratamento de água com reatores ultravioleta e comprovaram seu benefício no controle da proliferação de bactérias patogênicas. Sobre os métodos de esterilização da água para fins de aquicultura, Watson e Hill (2006) destacaram os sistemas de ultravioleta e ozônio, no entanto, afirmaram que o ozônio é altamente reativo em água do mar e pode formar compostos ou bioprodutos, e que o uso do UV é mais indicado para organismos marinhos.

A tubulação principal dos sistemas de abastecimento e drenagem é de 1", sendo toda ela feita em PVC roscável.

No sistema de abastecimento a tubulação secundária que faz a ligação entre os filtros é de 3/4" e a que abastece cada tanque, individualmente, é de 0,5", com um registro de PVC para controlar a vazão de cada um deles.

A drenagem individual dos tanques foi feita com tubulação de 0,5", que vai até o tubo principal, e segue até a caixa onde se localizam as bombas.

Cada sistema de recirculação tem sua água impulsionada por duas bombas (Eheim™) com vazão máxima de $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. As bombas ficam em um tanque feito em polietileno e capacidade de 500 L, e é onde a água de cultivo passa pela primeira filtragem realizada com manta acrílica.

Para o cultivo em sistemas sustentáveis existe a possibilidade dos sistemas de recirculação trabalharem de diferentes formas:

(A) Juntos: com a utilização da caixa de distribuição, que recebe, em conjunto, a água dos filtros biológicos dos dois sistemas e devolve para o tanque de macroalgas de ambos, havendo a mistura da água neste processo. Com os sistemas trabalhando de forma unificada, sendo possível realizar até 4 tratamentos com 3 repetições, cada;

(B) Separados: com a água do filtro biológico de cada sistema sendo dirigida diretamente para o tanque de cultivo de macroalgas, sem passar pela caixa de distribuição. Desta forma, pode-se realizar dois cultivos independentes, um para

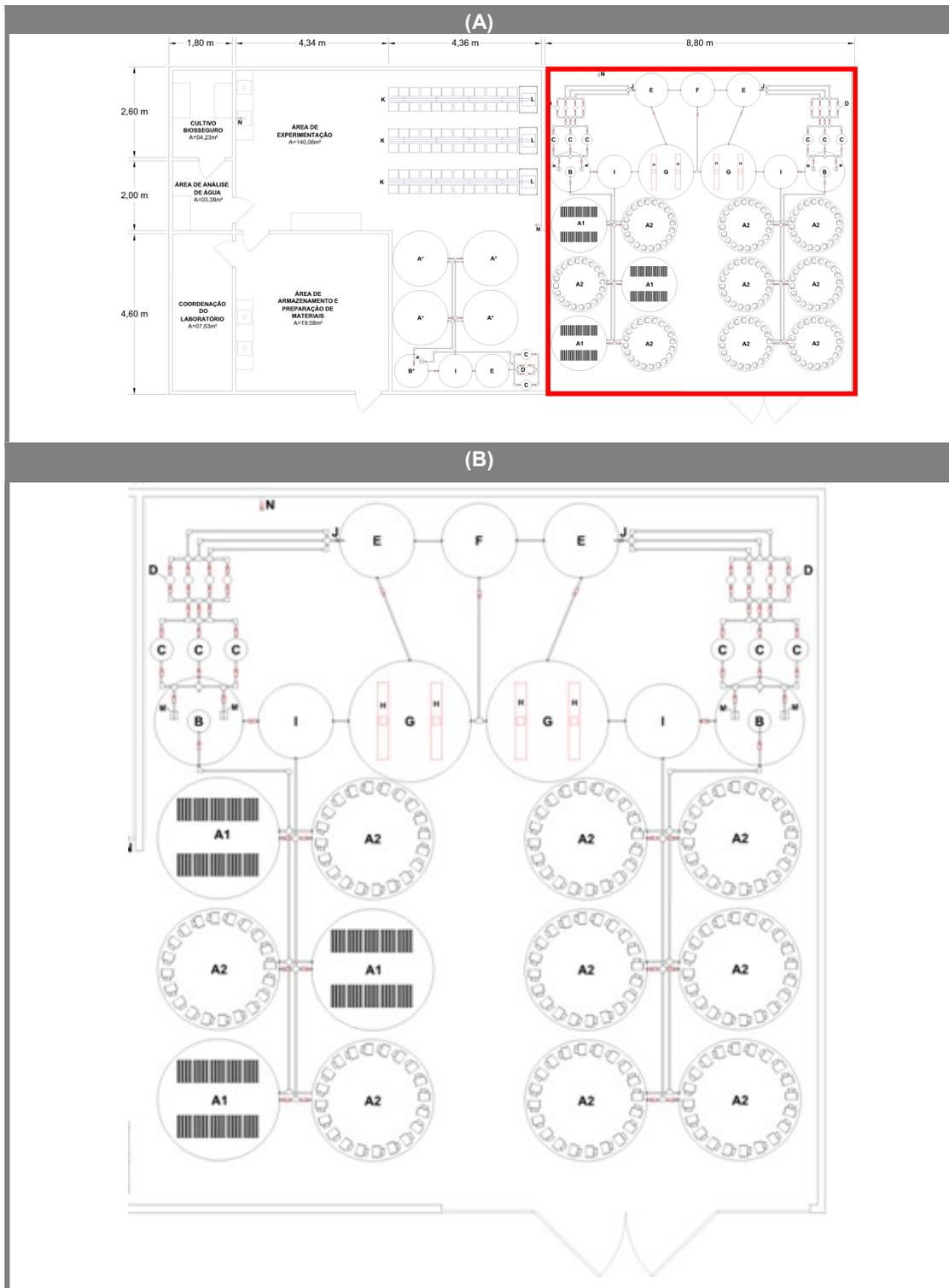
cada sistema, possibilitando a realização de 2 tratamentos e 3 repetições em cada um deles.

O sistema de aeração é composto por um compressor eletromagnético (Boyu™) com capacidade de 50 L min.⁻¹, para cada sistema de recirculação. A tubulação de aeração é levada para cada tanque de cultivo através de uma estrutura em PVC soldável com 50 mm de diâmetro, por onde são conduzidas as mangueiras de 0,5" que levam o ar do compressor para próximo de cada tanque, a partir daí a aeração é transferida por uma mangueira de 1/8" e dividida, em aeração com pedra porosa e *air-lift* para cada tanque.

Todos os cabos e fios elétricos, das bombas, dos sistemas UV e também da iluminação do tanque de cultivo de macroalgas, também são conduzidos através da mesma tubulação de PVC de 50 mm em que é transportada a tubulação do sistema de aeração, como forma de evitar o acúmulo de sais provenientes da evaporação nestas estruturas.

Com o aprimoramento no *design*, nos equipamentos, na tecnologia de tratamento da água e nas estratégias de manejo da criação, espera-se que a recirculação seja implantada e operada com menor custo e maior eficiência, resultando na produção de organismos aquáticos a preço compatível com o obtido em outros sistemas de cultivo (KUBITZA, 2006).

Figura 4 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, a área de cultivo em sistemas sustentáveis; **(B)** *Layout* da área de cultivo em sistemas sustentáveis.



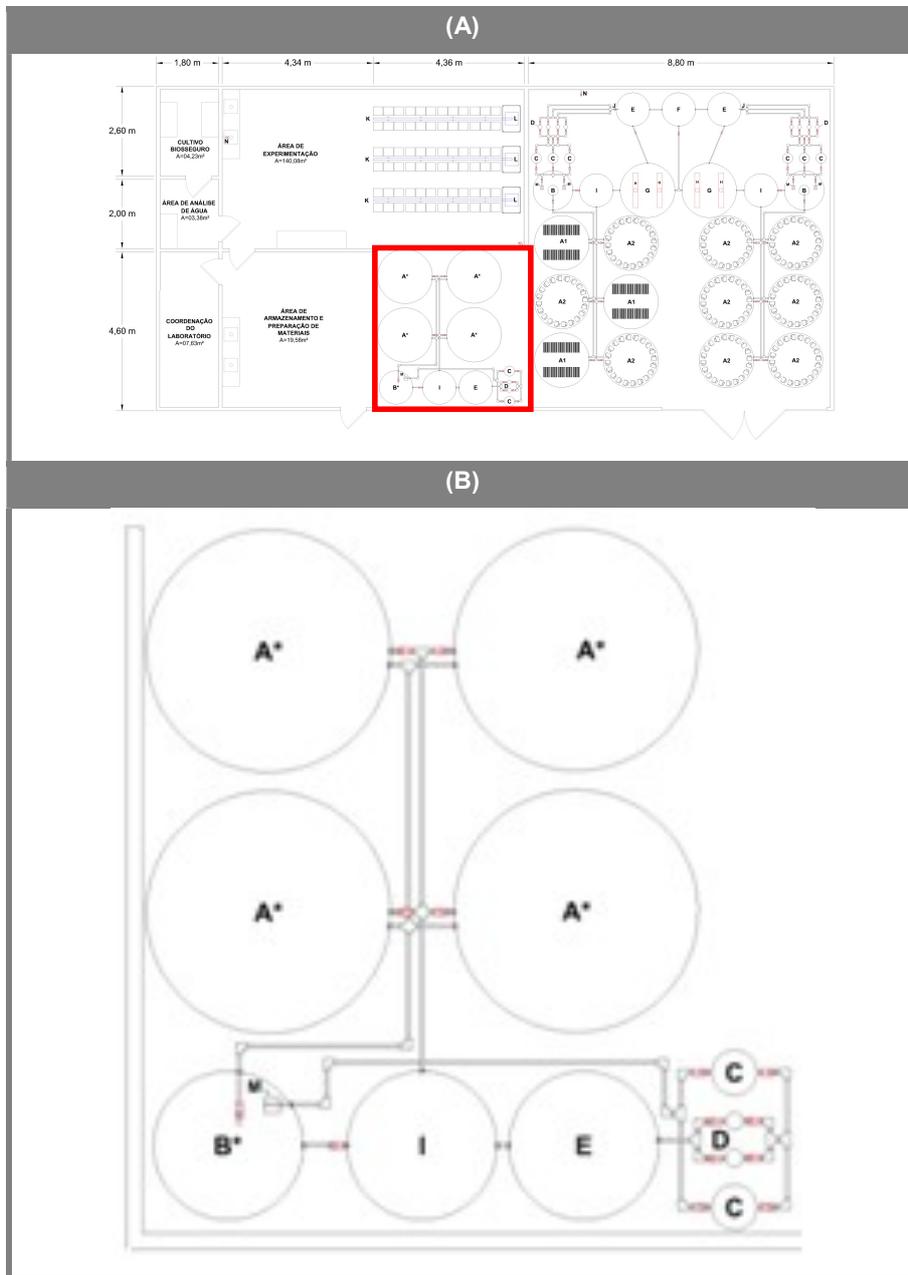
Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

3.1.4 SISTEMA PARA RECEPÇÃO DE ANIMAIS E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Este sistema é semelhante ao sistema de recirculação desenvolvido para o cultivo em sistemas sustentáveis, com quase todos os componentes (filtros e bombas) apresentando as mesmas especificações. A particularidade deste sistema é o menor porte. Possui apenas 4 tanques de manutenção, com volume de 1.000 L cada, e não há *skimmer* e tanque de cultivo de macroalgas. As tubulações principais de abastecimento e drenagem possuem diâmetro de 3/4", não há filtragem com manta acrílica, existem apenas dois filtros com areia, dois filtros com elemento filtrante de cartuchos de polipropileno. O filtro biológico é igual aos sistemas de cultivo sustentáveis, possuindo ainda um sistema ultravioleta e uma bomba para impulsionar a água do sistema, também com mesmas características dos outros sistemas de recirculação. A aeração é realizada com dois mini-compressores (Vigo Ar™) com capacidade de impulsionar 5 L min.⁻¹ (Figuras 1 e 5).

Para situações de emergência, recomenda-se que o sistema tenha um reservatório de água, mantido com as mesmas características de temperatura e qualidade de água, para que seja possível realizar uma troca completa de água se essa for necessária (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999).

Figura 5 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, área do sistema para recepção de animais e armazenamento de água; **(B)** *Layout* do sistema para recepção de animais e armazenamento de água.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

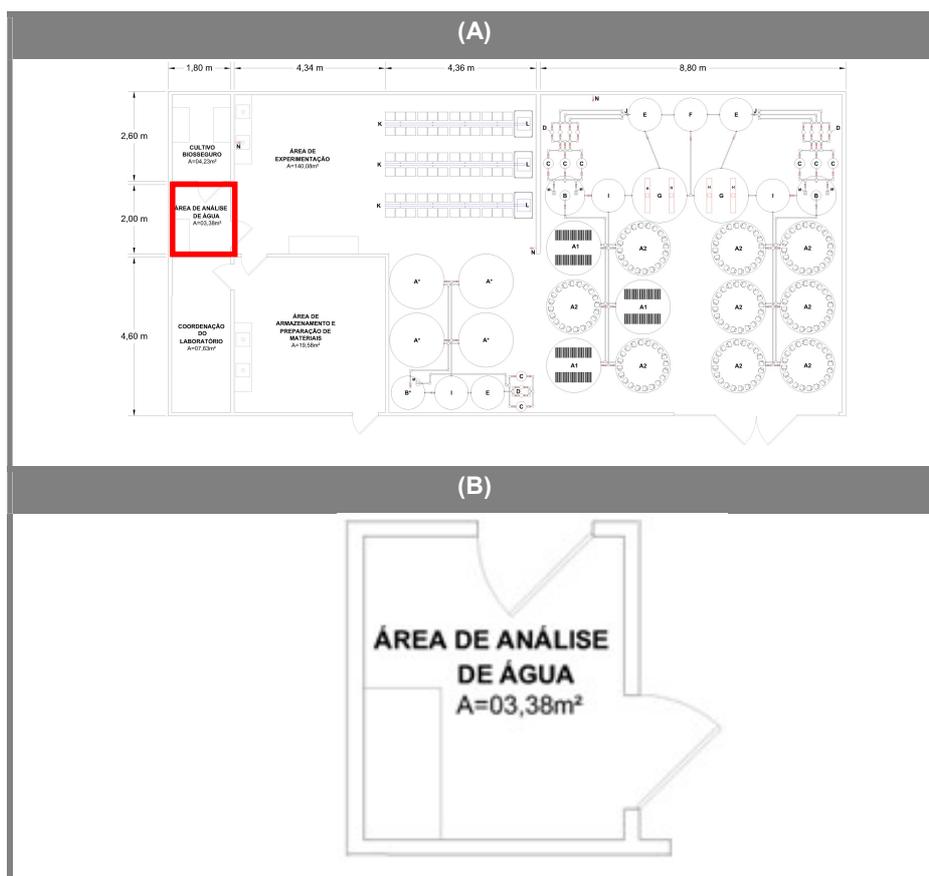
3.2 ÁREA DE ANÁLISE DE ÁGUA

Para as análises e medições das variáveis físicas e químicas da água de cultivo foi disponibilizada uma área de 3,38 m², sendo utilizados um fotômetro YSI™ EcoSense 9.500 e uma sonda multiparâmetros YSI™ Professional Plus, respectivamente, além de um computador para organização dos dados de cada cultivo (Figuras 1 e 6).

O acompanhamento das variáveis da água de cultivo é de fundamental importância para o seu sucesso, principalmente quando é realizado com baixa ou nenhuma renovação de água.

Invariavelmente, as pesquisas realizadas em aquicultura, são compostas por dados de análise de água, como por exemplo, os trabalhos realizados com lagostas do gênero *Panulirus* publicados por Barclay et al. (2006), Kemp e Britz (2008) e Cox e Davis (2009).

Figura 6 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, área de análise de água; **(B)** *Layout* da área de análise de água.



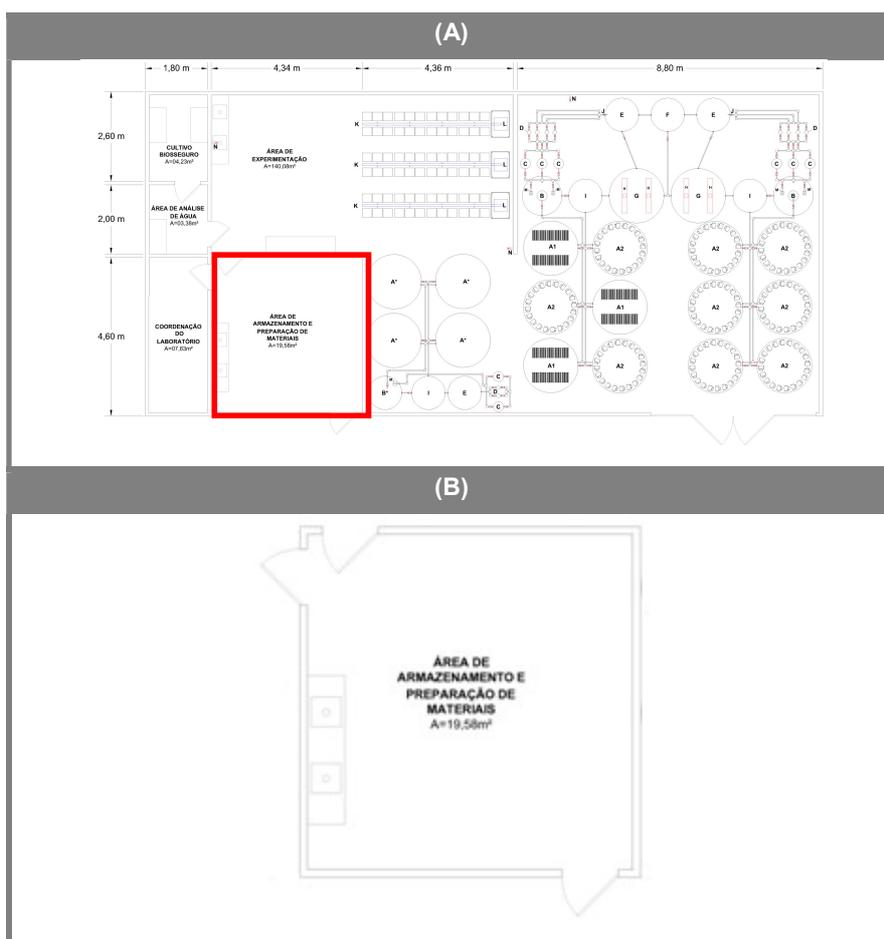
Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

3.3 ÁREA DE ARMAZENAMENTO E PREPARAÇÃO DE MATERIAIS

Possui área de 19,58 m², com disponibilidade de refrigerador específico para armazenar o material utilizado nas pesquisas do laboratório, armários e utensílios utilizados na preparação dos alimentos. Uma pia em inox, com torneira, para uso exclusivo na limpeza do material desta área.

Nesta seção são importantes os cuidados com biossegurança, pois neste setor do laboratório são armazenados e preparados todos os alimentos para os cultivos, além de peças de reposição como as do sistema de aeração, que são desinfetadas antes de sua utilização e outros materiais indispensáveis para manutenção dos experimentos de cultivo.

Figura 7 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, área de armazenamento e preparação de materiais; **(B)** *Layout* da área de armazenamento e preparação de materiais.



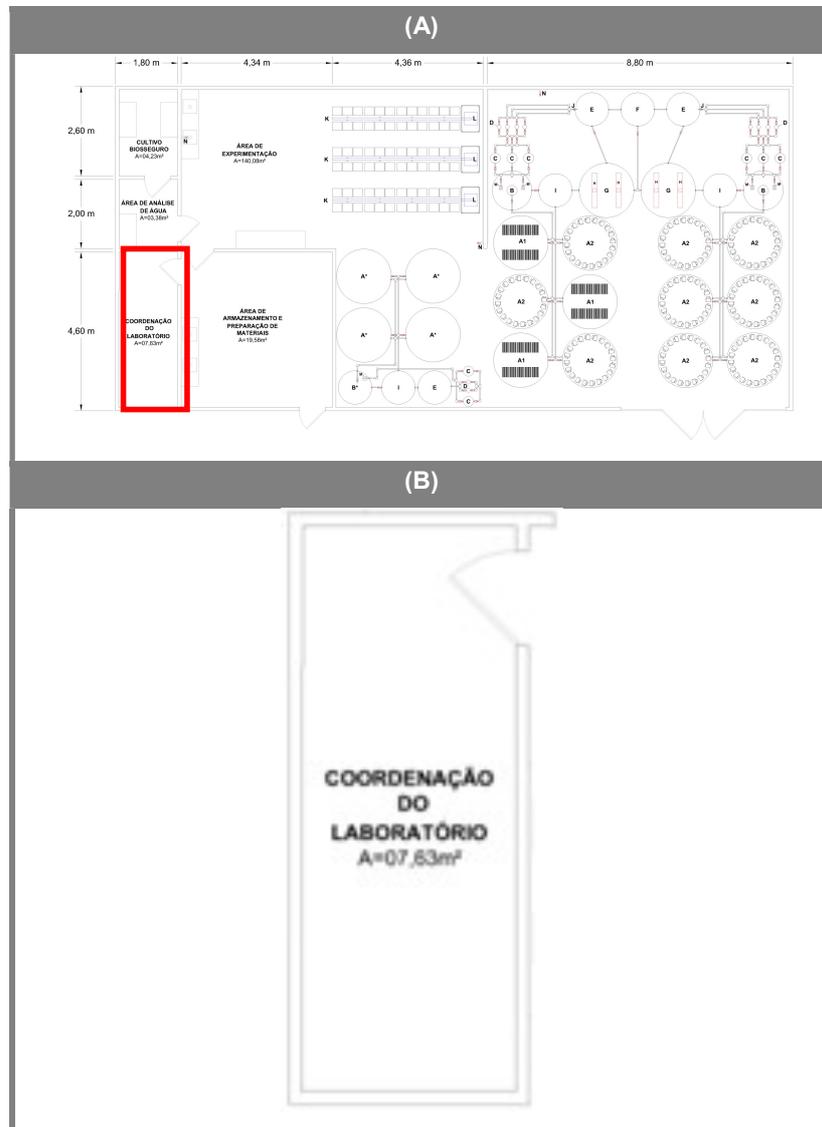
Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

3.4 COORDENAÇÃO DO LABORATÓRIO

A coordenação do laboratório possui área 7,63 m². Nesta área ficam as coordenações de biotecnologia e aquicultura marinha, e é ligada diretamente a área de armazenamento e preparação de materiais, sendo esta a única entrada e saída da coordenação. A coordenação é responsável pelo planejamento das pesquisas visando otimizar o cultivo em sistemas biosseguros, nos bioensaios e sustentáveis, utilizando ferramentas disponíveis na área de biotecnologia e áreas afins.

Delgado (2011) afirmou que experimentos (pesquisas) em sistemas para aquicultura devem ser cada vez mais ousados, aumentando-se a quantidade de espécies utilizadas, e são fundamentais para o aprimoramento da densidade de cultivo e adaptação destas espécies em diferentes sistemas, como o de recirculação, para fins produtivos.

Figura 8 - *Layout* do Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha: **(A)** *Layout* geral indicando, em vermelho, coordenação do laboratório; **(B)** *Layout* da coordenação do laboratório.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

4 CONCLUSÕES

- O *layout* do laboratório permite a utilização de diferentes estruturas, simultaneamente, permitindo o total controle de cada estrutura isoladamente, promovendo manejos com biossegurança em toda a área de cultivo;
- A concepção das estruturas permite realizar pesquisas, simultaneamente, com diferentes espécies, com água com diferentes características físicas e químicas, por exemplo, salobra e salgada, com pH neutro e básico;
- O *design* das estruturas de cultivo do laboratório está compatível com as que são utilizadas em outros centros de pesquisa;
- A estrutura disponível permite realizar toda a análise de água, física e química, necessária e essencial para o manejo durante os cultivos e para consolidação dos dados no momento da divulgação dos resultados, através de publicações.

REFERÊNCIAS

BARCLAY, M. C. et al. Comparison of diets for the tropical spiny lobster *Panulirus ornatus*: astaxanthin-supplemented feeds and mussel flesh. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 12, p.117-125, 2006.

BRASIL. **Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil.**

Brasília: Ministério da Saúde, 2010. 134 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

Disponível em:

<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao_estado_arte_biotecnologia_marinha.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2016.

COX, S. L.; DAVIS, M. An evaluation of potential diets for the culture of *postpueruli* spiny lobsters *Panulirus argus* (Palinuridae). **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 15, p.152-159, 2009.

DAVIS, D. Allen; ARNOLD, C. R. The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.193-211, 1998.

FEUCHT, Yvonne; ZANDER, Katrin. Of earth ponds, flow-through and closed recirculation systems — German consumers' understanding of sustainable aquaculture and its communication. **Aquaculture**, [s.l.], v. 438, p.151-158, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.005>.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics.**

Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em:

<<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global capture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>), 2016a. Acesso em: 01/06/2016.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics.**

Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em:

<<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>), 2016b. Acesso em: 01/06/2016.

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Summary commandments. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002a. p. 249-262. (Developments in aquaculture and fisheries science).

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Water recycling. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002b. p. 201-210. (Developments in aquaculture and fisheries science).

FORSYTHE, J. W.; HANLON, R. T. A closed marine culture system for rearing Octopus jobbing and other large-egged benthic octopods. **Laboratory Animals**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.137-142, 1980.

KEMP, J. O. G.; BRITZ, P. J. The effect of temperature on the growth, survival and food consumption of the east coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 280, p.227-231, 2008.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, mai. 2006.

LOSORDO, Thomas M.; HOBBS, Alexander O.; DELONG, Dennis P. The design and operational characteristics of the CP&L/EPRI fish barn: a demonstration of recirculating aquaculture technology. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.3-16, 2000.

MAMANE, Hadas et al. The use of an open channel, low pressure UV reactor for water treatment in low head recirculating aquaculture systems (LH-RAS). **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 42, n. 3, p.103-111, maio 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2009.12.005>.

MARINHO-SORIANO, E. et al. Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. **Biomass And Bioenergy**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.327-331, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.07.002>.

MARTINS, C.I.M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 43, n. 3, p.83-93, nov. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>.

MASSER, Michael P., RAKOCY James., LOSORDO, Thomas M. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - Management of Recirculating Systems**. Revision. Southern Regional Aquaculture Center, Mississippi, n. 452, 1999.

PORTO, Cassiano Cauê Pôssas. **Desempenho de um sistema de tratamento de efluentes de aquicultura: A recirculação como uma alternativa sustentável**. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SHIELDS, Jeffrey D.; STEPHENS, Fran J.; JONES, Brian. Pathogens, parasites and other symbionts. In: PHILLIPS, Bruce F. **Lobsters: Biology, management, aquaculture and fisheries**. [s.l.]: Blackwell Publishing, 2006. p. 146-204.

SOARES, Landia Fernandes de Paiva. **Manual de Biossegurança em Laboratórios da Área Básica - LAB**. Universidade Católica de Goiás, 44p. Goiânia, 2008.

WATSON, Craig A.; HILL, Jeffrey E. Design criteria for recirculating, marine ornamental production systems. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.157-162, maio 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.07.002>.

WIK, Torsten E. I.; LINDÉN, Björn T.; WRAMNER, Per I. Integrated dynamic aquaculture and wastewater treatment modeling for recirculating aquaculture systems. **Aquaculture**, [s.l.], v. 287, n. 1, p.361-370, 2009.

YANONG, Roy P. E.; ERLACHER-REID, Claire. Biosecurity in Aquaculture, Part 1: An Overview. **Southern Regional Aquaculture Center: SRAC Publication N 4707**, Florida, v. 4707, n. 1, p.1-15, fev. 2012.

YANG, L. Biofilter treatment of aquaculture water for reuse applications. **Water Research**, [s.l.], v. 35, n. 13, p.3097-3108, set. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354\(01\)00036-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354(01)00036-7).

CAPITULO III: TRANSPORTE DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE *PANULIRUS ARGUS* (LATREILLE, 1804), UTILIZANDO MACROALGAS E ANTIESTRESSANTE

1 INTRODUÇÃO

As lagostas são artrópodes marinhos ecologicamente muito importantes como consumidores em uma variedade de ecossistemas marinhos, além de ser um recurso pesqueiro de relevante valor comercial (WAHLE; FOGARTY, 2006). Esses animais pertencem à ordem Decapoda e são representados pelas famílias Nephropidae, Scyllaridae, Synaxiidae e Palinuridae (LIPCIUS e EGGLESTON, 2000). No Brasil as espécies de relevante importância comercial são pertencentes à última família citada (FONTELES-FILHO, 2000).

As lagostas espinhosas, também denominadas de lagostas de rocha, da família Palinuridae, caracterizam-se por possuir numerosos espinhos na carapaça e na antena. O gênero *Panulirus* White, 1847, é o mais importante dessa família (BRASIL, 2008). As lagostas desse gênero capturadas ao longo da costa brasileira, principalmente no Norte e Nordeste do Brasil, em ordem de importância pesqueira decrescente são: *P. argus* (Latreille, 1804), *P. laevicauda* (Latreille, 1817) e *P. echinatus* Smith, 1869 (PAIVA, 1997; FONTELES-FILHO, 2000).

O Brasil esteve sempre entre os maiores produtores mundiais de lagostas espinhosas nas últimas décadas. Em 2014, dados publicados pela FAO em 2016, o Brasil alcançou a produção de 6.787 t, apresentando um decréscimo de 37,1% de sua produção mais elevada, com 11.059 t, em 1991, que representava 14,3% da produção mundial daquele ano. O Brasil representa 8,2% da produção mundial, que foi de 82.390 t ocupando a terceira posição, atrás da Austrália com 11.134 t e Indonésia que produziu 10.062 t (FAO, 2016).

A exploração pesqueira da lagosta no Brasil, mais especificamente na região Nordeste, começou em meados dos anos 1950, quando já era um dos maiores produtores (PAIVA, 1997; PHILLIPS; MELVILLE-SMITH, 2006).

A sobre-exploração da maior parte das populações selvagens de lagosta somada ao alto valor no mercado internacional elevam o interesse em desenvolver sua aquicultura por todo mundo (PERERA et al., 2007). Para a sustentabilidade da pesca da lagosta, Kittaka e Booth (2000), Johnston et al. (2006) e Miller et al. (2013) declararam que a

provável solução seria a aquicultura, com a captura dos *pueruli* e pré-juvenis para a criação em cativeiro, para posterior repovoamento em áreas protegidas, para reprodução no ambiente natural.

Em Cuba, o Ministério da Pesca considera como ferramenta principal e a mais rápida solução possível para aumentar a produção pesqueira o desenvolvimento da aquicultura (MUÑOZ-NUÑEZ, 2009). A produção, em laboratório, do ciclo de vida de lagostas ainda não obteve êxito, principalmente devido a complicações encontradas durante suas fases iniciais de vida (LELLIS; RUSSELL, 1990). O cultivo, em baixa densidade, de lagostas capturadas no ambiente na fase juvenil tem um grande potencial, até o aperfeiçoamento de técnicas de cultivo em laboratório, para que a fase larval seja efetivamente desenvolvida para espécies do gênero *Panulirus* (JEFFS; DAVIS, 2003).

O transporte de organismos aquáticos do ambiente para estruturas de cultivo é um fato rotineiro na produção de algumas espécies. O sucesso do transporte destes organismos pode definir a viabilidade ou não da atividade aquícola de determinada espécie. No caso do cultivo de lagostas esta ação é fundamental, e atualmente a mais executável, pois o desenvolvimento da fase larval em laboratório ainda é improvável para o cultivo em grande escala (GARDNER et al., 2006).

Dentre os fatores estressantes mais importantes no transporte de lagostas Gornik et al. (2010) destacaram a manipulação e o oxigênio dissolvido na água. Tendo em vista que nos estágios iniciais de vida as lagostas migram para a costa e buscam abrigo nas macroalgas (LELLIS; RUSSELL 1990; COX; JEFFS; DAVIS, 2008), surge a hipótese de que o uso de algas nas estruturas de transporte podem colaborar com a redução do estresse do manejo, simulando o ambiente natural. Outra técnica muito utilizada na redução do estresse de organismos aquáticos cultivados diz respeito ao uso do ácido ascórbico (vitamina C), haja vista que são moléculas de relevante importância em processos relacionados à formação de células sanguíneas e atividade do sistema imunológico (ZUANON et al., 2011; MUZITANO et al., 2014).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de macroalgas e ácido ascórbico na redução do estresse de lagosta *P. argus* durante o manejo de transporte de juvenis do ambiente natural para unidades de cultivo, testando duas densidades de organismos.

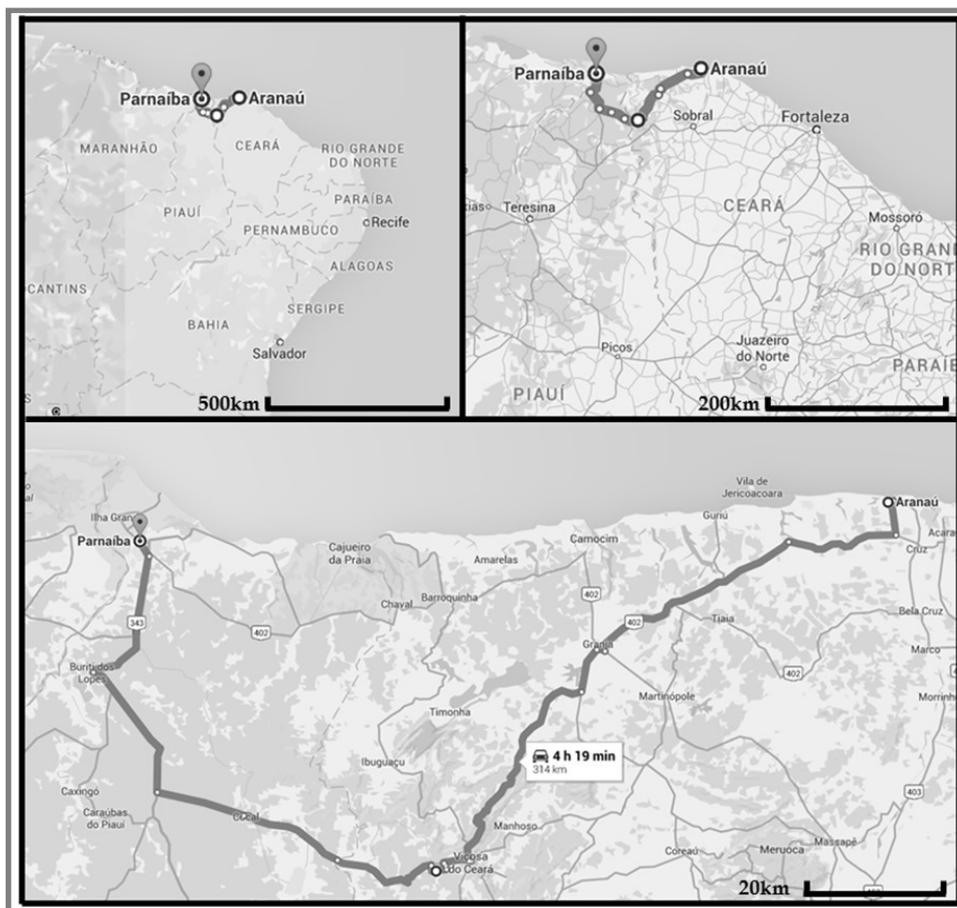
2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

As lagostas foram capturadas na praia de Aranaú, município de Acaraú no Estado do Ceará e transportadas até o Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha - BioAqua da Universidade Federal do Piauí - UFPI, *Campus* de Parnaíba.

A distância entre Aranaú e o BioAqua é de aproximadamente 230 km, em um tempo que varia de 3 a 4 h, a uma velocidade de média de 70 km h⁻¹ (Figura 1). Ao tempo de viagem soma-se o tempo de acondicionamento antes do transporte e recepção dos animais, o que envolve o cuidadoso manejo de aclimação e desinfecção no laboratório. Assim, o tempo total de permanência das lagostas nos recipientes de transporte foi de 8 h.

Figura 1 - Detalhamento do percurso do transporte de *Panulirus argus* da praia de Aranaú, Acaraú-CE, ao BioAqua - UFPI, *Campus* de Parnaíba-PI.



Fonte: www.google.com.br/maps.

2.2 CAPTURA DOS JUVENIS DE LAGOSTAS

Os animais foram capturados manualmente, com utilização de puçás, com o auxílio de pescadores locais, em currais de pesca instalados na região.

Ao serem capturados os animais foram colocados em caixas de polietileno com capacidade de 310 L, para posterior seleção de indivíduos com tamanho uniforme.

2.3 PREPARAÇÃO PARA O TRANSPORTE

Após a captura, os animais selecionados foram transferidos para as estruturas de transporte. Uma vez que o objetivo principal da realização do transporte é prover animais para um cultivo sustentável, foram selecionados os indivíduos de menor tamanho, pois estes são mais suscetíveis a predadores naturais.

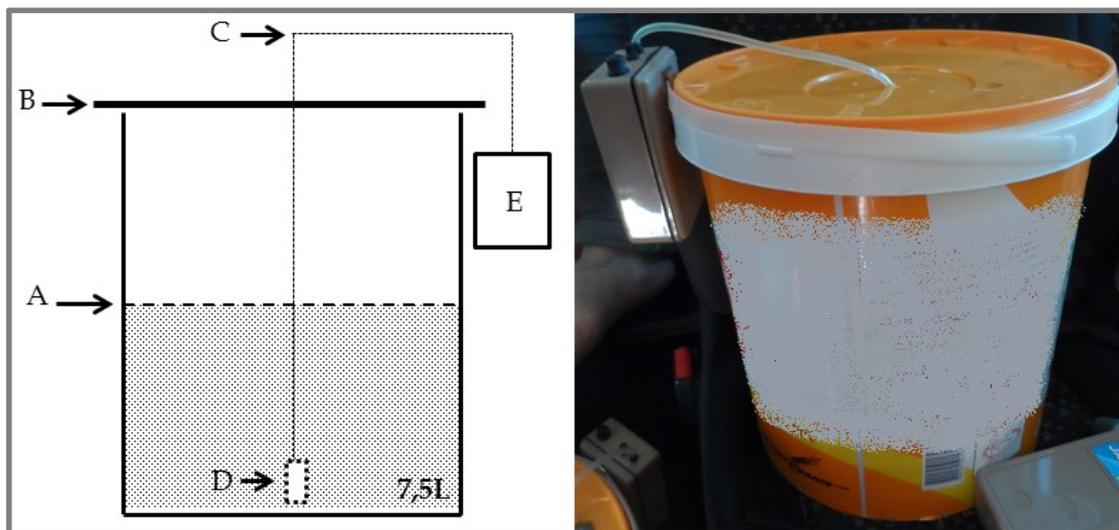
Para remoção das partículas de areia de menor granulometria dissolvidas na água do mar, foi realizada inicialmente a decantação da água em caixas de polietileno, para posterior uso da água no transporte.

2.4 UNIDADES DE TRANSPORTE

O transporte foi realizado em recipientes plásticos feitos de polietileno com capacidade de 15 L, contendo 50% de sua capacidade com água retirada do ambiente natural das lagostas, devidamente pré-filtrada, isto é, 7,5 L (Figura 2), para reduzir a pressão e melhorar a aeração realizada pelo mini-compressor .

Os recipientes foram tampados e no centro da tampa foi feito um orifício para passagem de uma mangueira de aeração, que transportava o ar de um compressor portátil para a água de transporte. Na extremidade da mangueira foi utilizada uma pedra porosa para aperfeiçoar a incorporação do oxigênio. O carro de transporte possuía climatização interna.

Figura 2 - Recipiente de transporte: **Esquerda** - Ilustração do recipiente utilizado no transporte; **Direita** - Recipiente já instalado no veículo, pronto para o transporte.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: **A** - nível da água do mar; **B** - tampa do recipiente com orifício central; **C** - mangueira de aeração; **D** - pedra porosa; e **E** - compressor portátil.

2.5 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

A cada hora, na unidade de transporte, foi mensurado o pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}). A salinidade foi medida no ambiente de coleta e na chegada ao laboratório. As medições foram feitas utilizando-se uma sonda multiparâmetros YSI Professional Plus.

A amônia total da água de transporte foi analisada com fotômetro YSITM EcoSense 9.500, na chegada ao laboratório, mas, principalmente, devido a não necessidade de colocação de alimento durante o deslocamento, a concentração obtida foi zero ppm (mg L^{-1}) para todos os tratamentos.

2.6 CHEGADA À UNIDADE DE CULTIVO

Ao chegar ao laboratório foi observada, em cada unidade de transporte, a presença de indivíduos mortos e ecdises. Posteriormente, os animais e as macroalgas foram aclimatados e passaram por um processo de desinfecção com imersão em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos.

2.7 BIOMETRIA

Os indivíduos de cada recipiente de transporte foram pesados, conjuntamente, antes de serem inseridos no sistema de recepção. O peso total foi obtido através de uma balança semi-analítica com precisão de 0,01 g (Gehaka™). Assim, obteve-se o peso médio dos indivíduos de cada recipiente de transporte, dividindo-se o peso total pelo número de indivíduos (Peso médio = peso total/ número de indivíduos).

2.8 ACLIMATAÇÃO E DESINFECÇÃO

Os animais foram aclimatados com a água do sistema de recepção do laboratório, sendo observado o comportamento dos animais durante este processo. A aclimação foi realizada colocando-se água do sistema de recepção no recipiente de transporte até completar seu volume, de forma lenta, objetivando reduzir ao máximo o estresse do manejo.

Ao completar o volume do recipiente com água os animais foram retirados com puçá, desinfetados com banho em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos (Figura 3) e colocados no sistema de recepção (Figura 4). As repetições de cada tratamento foram destinadas para um mesmo tanque, isto é, os animais foram separados por tratamento.

Figura 3 - Desinfecção com banho em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 4 - Sistema de recepção: **Esquerda** - Vista geral do sistema de recepção; e **Direita** - Vista interna do tanque, mostrando as lagostas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.9 24 H APÓS O TRANSPORTE

Após 24 h da chegada dos juvenis de lagosta ao laboratório, foi novamente observada a presença de indivíduos mortos e ecdises nos tanques do sistema de recepção.

2.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi delineado em 4 tratamentos com 4 repetições para cada densidade testada (Tabela I), em blocos inteiramente casualizados.

Nestes tratamentos foram realizados testes adicionando macroalgas do gênero *Gracilaria* sp. e ácido ascórbico (antiestressante) a 10 ppm, nas duas diferentes densidades de organismos (Tabela I).

As densidades de organismos testadas foram 2,67 lagostas L⁻¹ (20 indivíduos/ recipiente de transporte) e 3,34 lagostas L⁻¹ (25 indivíduos/ recipiente de transporte).

Os tratamentos foram realizados de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no experimento com as seguintes variáveis: controle, macroalgas+ácido ascórbico, somente macroalgas e somente ácido ascórbico.

Tratamentos do experimento	DENSIDADE A				DENSIDADE B			
	20 indivíduos/ recipiente				25 indivíduos/ recipiente			
	Trat. I-A	Trat. II-A	Trat. III-A	Trat. IV-A	Trat. I-B	Trat. II-B	Trat. III-B	Trat. IV-B
Controle	■				■			
Ác. ascórb.+macroalgas		■				■		
Macroalgas			■				■	
Ácido ascórbico				■				■

2.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$). Para os grupos que apresentaram distribuição normal ($P>0,05$) foi realizado o teste de comparação de médias ANOVA, e quando a hipótese nula foi rejeitada aplicou-se o teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Quando não se verificou distribuição normal ($P<0,05$) foi realizado o teste Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) (ZAR, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos recipientes de transporte sem macroalgas as lagostas apresentaram comportamento gregário. Já nos recipientes contendo macroalgas os animais ficaram aderidos às macroalgas. O comportamento gregário nas estruturas de transporte sem uso de macroalgas é comum em situação de estresse para a espécie *P. argus*. Desta forma, pode-se considerar um fator positivo na realização do transporte o fato dos animais não se agregarem uns aos outros nas estruturas com a presença de macroalgas, apesar de competirem com as lagostas por oxigênio, na ausência de luz (CARDOSO et al., 2011), aumentando o risco da redução de sua concentração.

As lagostas na fase de *puerulus* nadam e se estabelecem próximas à costa, em habitats compostos de macroalgas marinhas (COX; JEFFS; DAVIS, 2008; RADHAKRISHNAN, 2012). Este hábito também é comum na fase juvenil, pois, como destacaram Lipcius e Eggleston (2000), juvenis de lagostas espinhosas podem ter até três fases distintas de assentamento, sendo a primeira: a fase algal, em que os animais se fixam em bancos de macroalgas. Portanto, a presença de macroalgas nas estruturas de transporte pode simular o ambiente natural dos juvenis, favorecendo a redução do estresse durante o manejo.

O uso do antiestressante ácido ascórbico, apesar de sua comprovada eficácia em situações de manejo estressante para organismos aquáticos, não provocou diferença comportamental e na sobrevivência entre os tratamentos. Segundo Stickney (2005) o ácido ascórbico pode ser utilizado para reduzir os efeitos estressantes de concentrações elevadas de compostos nitrogenados, como o nitrito, na água de cultivo. Smith et al. (2004) enriqueceram *Artemia* com altas doses de ácido ascórbico para alimentar filosomas da lagosta *Jasus edwardsii*, com o intuito de auxiliar no desenvolvimento do animal, e concluíram que tal substância aumentou a sobrevivência, reduzindo os níveis de estresse. O baixo índice de mortalidade verificado em todos os tratamentos sugere que a adição de ácido ascórbico a 10 ppm não teve influência relevante no experimento, nas condições apresentadas.

Whiteley e Taylor (2016) afirmaram que a temperatura da água e o estresse são fatores que devem ser obrigatoriamente controlados durante o transporte, e qualquer descontrole nestas condições pode levar ao consumo de mais oxigênio. Além de que, a amônia excretada na água tende a se tornar tóxica se não for utilizado algum sistema de aeração.

As lagostas na fase juvenil, com peso em torno de 10 g, mostraram-se animais resistentes ao manuseio, não havendo diferença de comportamento, como movimentação, na chegada ao laboratório e 24 h após sua aclimatação nos tanques, em todos os tratamentos.

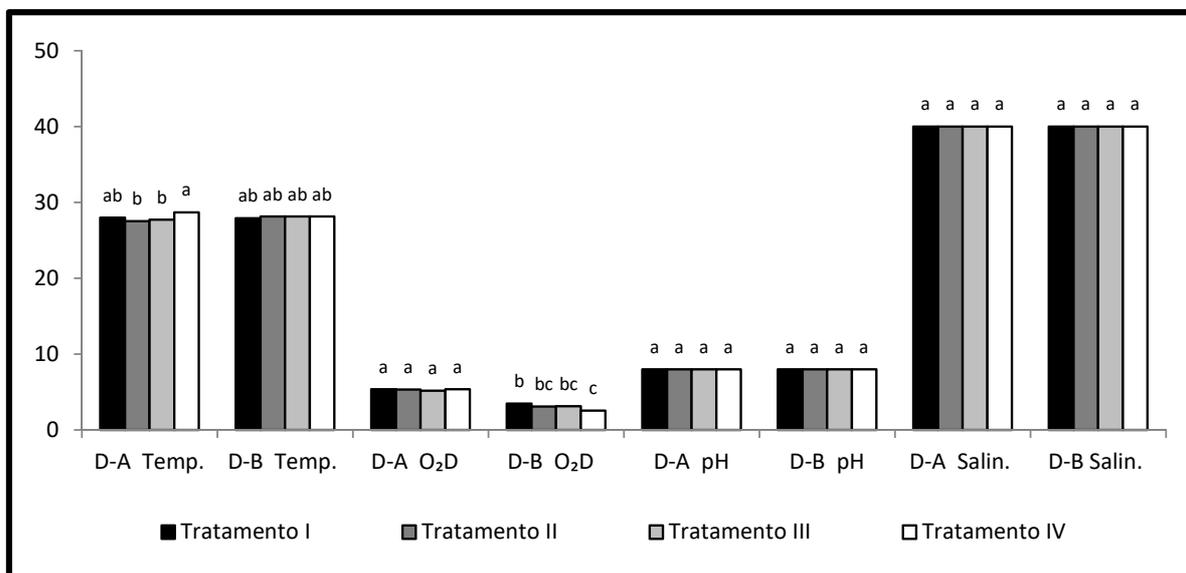
A salinidade e o pH mantiveram-se constantes em todos os tratamentos, durante todo experimento, com valores de 40‰ e 8, respectivamente. A temperatura variou de 28,68°C, no tratamento IV-A, a 27,53°C, no tratamento II-A. Nesta variável os tratamentos II-A e III-A são diferentes estatisticamente do tratamento IV-A, e não tiveram diferença estatística com relação a todos os outros tratamentos (Gráfico 1; Tabela 2).

O oxigênio dissolvido variou de 5,38 mg L⁻¹, nos tratamentos I-A e IV-A, a 2,55 mg L⁻¹ no tratamento IV-B. Nos tratamentos de densidade “A” não se verifica diferença significativa, e estes são diferentes dos tratamentos de densidade B. Nestes o tratamento I-B (controle) e o IV-B são diferentes entre si, mas não foram diferentes estatisticamente do II-B e III-B (Tabela 2). Os tratamentos com menor média de oxigênio dissolvido não foram os que utilizavam macroalgas, os quais possuíam maior biomassa. A média de OD na densidade A manteve-se acima de 5 mg L⁻¹, enquanto na densidade B não ultrapassou 3,5 mg L⁻¹ (Gráfico 1; Tabela 2).

Para Radhakrishnan (2012), a temperatura da água para a manutenção de lagostas tropicais deve ficar no intervalo de 25-30°C, e a salinidade entre 30-38‰. No presente experimento, em todos os tratamentos, a temperatura permaneceu dentro do intervalo sugerido pelo autor, assim como a salinidade manteve-se 2 unidades acima do recomendado. O pH manteve-se dentro da faixa recomendada por Kristiansen et al. (2004) para a lagosta *Homarus gammarus* em condições naturais.

Lellis e Russell (1990) relatam que a temperatura ótima para a criação de pós-larvas de *P. argus* está entre 29 e 30°C. Perera et al. (2007), verificaram aumento linear do metabolismo de juvenis de *P. argus* com a temperatura de 20 a 28°C. Desta forma, recomendam-se temperaturas abaixo de 30°C, para redução do metabolismo das lagostas, e conseqüente redução do estresse e consumo de oxigênio.

Gráfico 1 - Dados comparativos dos valores médios de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH e salinidade (‰), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.



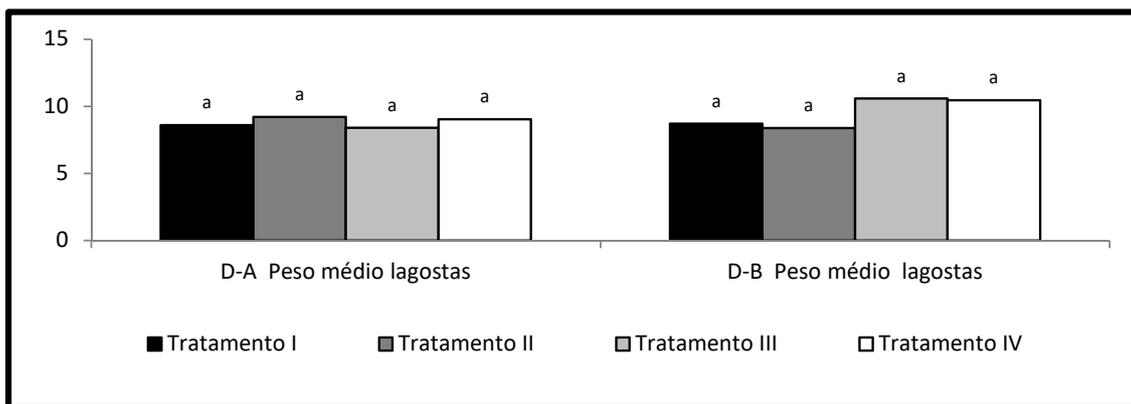
Legenda: Densidade de 20 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade A: D-B**), e 25 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade B: D-B**). Tratamento I – grupo controle (**I-A e B**); II – transporte com ácido ascórbico e macroalgas (**II-A e B**); III – transporte somente com macroalgas (**III-A e B**); IV – transporte somente com ácido ascórbico (**IV-A e B**).

O peso médio das lagostas utilizadas nesta pesquisa variou de 8,38 g no tratamento II-B a 10,58 g no tratamento III-B, não havendo diferença significativa entre todos os tratamentos (Gráfico 2; Tabela 2). A biomassa média de lagostas utilizadas nesse experimento foi de 23,5 g L⁻¹ (densidade A) e 31,8 g L⁻¹ (densidade B).

Kemp e Britz (2008) transportaram aproximadamente 200 juvenis de *Panulirus homarus rubellus* com peso médio de aproximadamente 60 g e 40 mm de comprimento de cefalotórax, em tambores de PVC com capacidade de 180 L, durante 7 h. Lellis e Russell (1990) realizaram um transporte de *P. argus* na fase *puerulus*, com peso médio de 0,22 g, utilizado sacos de 3,8 L com 150 mL de água marinha e injeção de oxigênio puro, na densidade de 20 lagostas/ saco, com duração de 8 h. No transporte de lagostas o formato do recipiente de transporte é tão importante quanto o volume, já que diferentemente dos peixes e outros organismos aquáticos, as lagostas não ocupam a coluna de água, ficando apenas no fundo. Então, pode-se sugerir que vários recipientes menores que somam o mesmo volume que um recipiente “grande”, de maior volume, tendem a ter maior área de fundo, o que acomodará melhor os animais durante o transporte.

No experimento com transporte de lagostas conduzido por Kemp e Britz (2008) foi utilizada uma biomassa aproximada de organismos de 66 g L⁻¹. No presente trabalho foram utilizadas biomassas menores (23,5 g L⁻¹ e 31,8 g L⁻¹), o que pode se relacionar diretamente aos bons níveis de sobrevivência.

Gráfico 2 - Dados comparativos dos valores de peso médio das lagostas (g), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.



Legenda: Densidade de 20 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade A: D-B**), e 25 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade B: D-B**). Tratamento I – grupo controle (**I-A e B**); II – transporte com ácido ascórbico e macroalgas (**II-A e B**); III – transporte somente com macroalgas (**III-A e B**); IV – transporte somente com ácido ascórbico (**IV-A e B**).

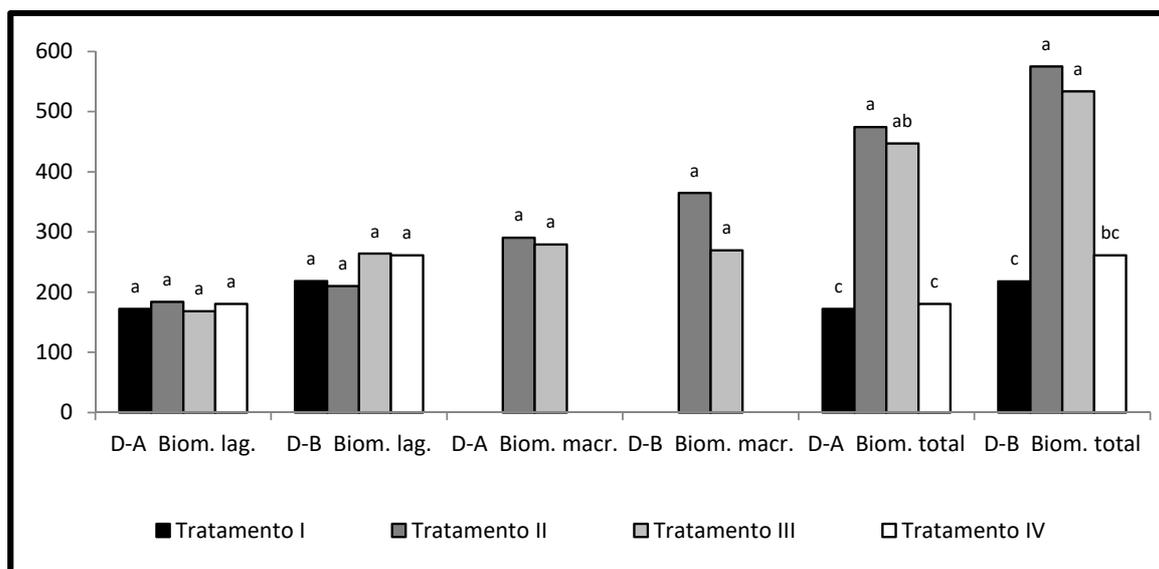
Com relação à biomassa de macroalgas, que foi utilizada nos tratamentos II-A, III-A, II-B e III-B, não houve diferença estatística entre os tratamentos, com os valores máximo e mínimo variando de 365 a 269,5 g, obtidos no II-B e III-B, respectivamente.

Os valores de biomassa média total referem-se ao somatório da biomassa média de lagostas e a biomassa média de macroalgas, quando o tratamento incluía esta no delineamento experimental. Não houve diferença estatística entre os valores de biomassa total nos tratamentos em que não se utilizou macroalgas, I-A, IV-A, I-B e IV-B. Nos tratamentos em que se utilizou macroalgas também não houve diferença estatística em sua biomassa total. A biomassa total nos tratamentos em que foram utilizadas macroalgas variou de 575 g no tratamento II-B a 447 g no III-A (Gráfico 3; Tabela 2).

Segundo Radhakrishnan (2012) os juvenis são especialmente suscetíveis ao estresse e, portanto, eles devem ser mantidos em água logo depois de trazidos para a costa. O máximo cuidado deve ser tomado para que os seus apêndices não sejam perdidos durante a remoção da rede ou que não estejam feridos abaixo do abdômen. O hábito gregário observado nos tratamentos sem macroalgas pode favorecer à perda de apêndices e conseqüente aumento dos níveis de estresse, devido a ferimentos.

Considerando que nos tratamentos com macroalgas não houve diferença nos níveis de OD em ambas as densidades, e que sua presença desfavoreceu à ocorrência do hábito gregário, pode-se sugerir que a presença de macroalgas colabora para a redução dos níveis de estresse no transporte de juvenis de lagosta, utilizando-se a mesma densidade em um transporte de até 8 h.

Gráfico 3 - Dados comparativos dos valores médios de biomassa de lagostas (g), biomassa de macroalgas (g) e biomassa total (g), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.



Legenda: Densidade de 20 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade A: D-B**), e 25 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade B: D-B**). Tratamento I – grupo controle (**I-A e B**); II – transporte com ácido ascórbico e macroalgas (**II-A e B**); III – transporte somente com macroalgas (**III-A e B**); IV – transporte somente com ácido ascórbico (**IV-A e B**).

Com relação aos valores médios de mortos e ecdises não houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo que no tratamento II-B, de maior biomassa total, houve maior mortalidade, 1,5 lagosta/ recipiente de transporte, devido a falta temporária de aeração em uma das repetições, que ocasionou uma rápida redução na concentração de oxigênio dissolvido, acarretando a mortalidade, mesmo não sendo o tratamento com menor valor médio de oxigênio dissolvido 3,10 mg L⁻¹ (Gráfico 4; Tabela 2). O tratamento de menor valor médio de oxigênio dissolvido foi o IV-B, e não apresentou mortalidade.

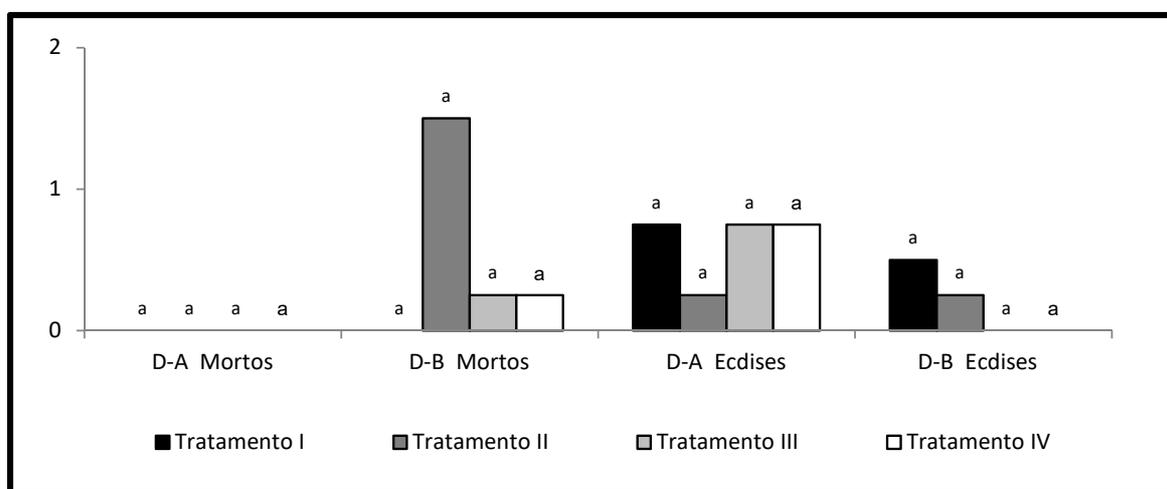
Kristiansen et al. (2004) recomendaram em seu trabalho a concentração mínima de oxigênio dissolvido de 4 mg L⁻¹ em condições naturais. Os organismos transportados na densidade A apresentaram níveis de OD acima de 5 mg L⁻¹. Tendo em vista que os tratamentos com densidade “B” apresentaram maior densidade de organismos, era

esperado que os níveis de OD fossem menores, com média de 3,0 mg L⁻¹. Apesar dos menores níveis de oxigênio dissolvido nos tratamentos de densidade B, não houve diferença significativa entre o número de mortos em todos os tratamentos. Apesar disso, objetivando-se o bem estar animal, sugere-se níveis de OD acima de 5 mg L⁻¹.

A redução da mortalidade de animais aquáticos capturados, e transportados, para manutenção em cativeiro, tais como, tanques e aquários, ou para comércio de animais vivos, ou ainda que serão devolvidos ao ambiente aquático, é importante por razões ecológicas, econômicas e éticas (STONER, 2012).

A quantidade média de ecdises variou de 0,75 nos tratamentos I-A, III-A e IV-A a nenhuma, nos tratamentos III-B e IV-B. Os tratamentos que não apresentaram mortalidade foram os que obtiveram maiores valores médios de ecdise, mas, devido aos valores serem tão baixos, inferiores a um animal por tratamento, não se pode evidenciar situação elevada de estresse. Entre todos os tratamentos realizados não houve diferença estatística com relação ao número médio de ecdises ocorridas (Gráfico 4; Tabela 2).

Gráfico 4 - Dados comparativos dos valores médios de mortos (n) e ecdises (n), nos tratamentos I a IV, nas diferentes densidades de transporte.



Legenda: Densidade de 20 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade A: D-B**), e 25 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade B: D-B**). Tratamento I – grupo controle (**I-A e B**); II – transporte com ácido ascórbico e macroalgas (**II-A e B**); III – transporte somente com macroalgas (**III-A e B**); IV – transporte somente com ácido ascórbico (**IV-A e B**).

Tabela II - Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH, biomassa total de lagostas (g), peso médio das lagostas (g), biomassa macroalgal (g), biomassa total (g), número de mortas (n) e número de ecdises (g), dados do transporte de lagostas do ambiente natural ao laboratório.

Variáveis	Tratamento I-A	Tratamento II-A	Tratamento III-A	Tratamento IV-A	Tratamento I-B	Tratamento II-B	Tratamento III-B	Tratamento IV-B
Temperatura*	28,00±0,32 ^{ab}	27,53±0,34 ^b	27,75±0,66 ^b	28,68±0,15 ^a	27,93±0,43 ^{ab}	28,15±0,50 ^{ab}	28,15±0,21 ^{ab}	28,15±0,17 ^{ab}
Oxig. dissolv.*	5,38±0,10 ^a	5,35±0,13 ^a	5,18±0,33 ^a	5,38±0,13 ^a	3,50±0,29 ^b	3,10±0,14 ^{bc}	3,13±0,29 ^{bc}	2,55±0,70 ^c
pH*	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^a
Salinidade*	40,00 ± 0,00 ^a	40,00±0,00 ^a	40,00±0,00 ^a	40,00±0,00 ^a	40,00±0,00 ^a	40,00±0,00 ^a	40,00±0,00 ^a	40,00±0,00 ^a
Biom. total lag.*	172,00±5,66 ^a	184,00±24,39 ^a	168,00±23,94 ^a	180,50±10,25 ^a	218,25±57,54 ^a	210,00±25,66 ^a	264,00±42,21 ^a	261,00±51,58 ^a
Peso méd. lag.*	8,60±0,28 ^a	9,20±1,22 ^a	8,40±1,20 ^a	9,03±0,51 ^a	8,70±2,29 ^a	8,38±1,02 ^a	10,58±1,67 ^a	10,45±2,08 ^a
Biom. macroal.*	-	290,50±139,56 ^a	279,00±58,44 ^a	-	-	365,00±47,79 ^a	269,50±128,67 ^a	-
Biom. total*	172,00±5,66 ^c	474,50±163,67 ^a	447,00±79,57 ^{ab}	180,50±10,25 ^c	218,25±57,54 ^c	575,00±64,80 ^a	533,50±120,02 ^a	261,00±51,58 ^{bc}
Nº de mortas**	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	1,50±3,00 ^a	0,25±0,50 ^a	0,25±0,50 ^a
Nº de Ecdises**	0,75±0,96 ^a	0,25±0,50 ^a	0,75±0,50 ^a	0,75±0,50 ^a	0,50±1,00 ^a	0,25±0,50 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a

*ANOVA - As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (P>0,05), para o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: Densidade de 20 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade A: D-B**), e 25 indivíduos/ recipiente de transporte (**densidade B: D-B**). Tratamento I – grupo controle (**I-A e B**); II – transporte com ácido ascórbico e macroalgas (**II-A e B**); III – transporte somente com macroalgas (**III-A e B**); IV – transporte somente com ácido ascórbico (**IV-A e B**).

4 CONCLUSÓES

- Os animais utilizados nesta pesquisa mostraram-se resistentes ao manuseio e recuperaram-se rapidamente do estresse do transporte, indicando juvenis com peso médio próximo de 10 g com um bom tamanho para realização deste tipo de manejo;
- O transporte de lagostas da espécie *P. argus* mostrou-se realizável, sendo necessário apenas um compressor portátil e um recipiente plástico com capacidade de 15 L, com 50% do volume, para transportar entre 200 e 300 g de lagosta, por um período de até 8 h;
- Não se verificou a necessidade do uso de antiestressantes e macroalgas para transportes com duração de até 8 h, com biomassa de lagostas inferior a 40 g L⁻¹ de água marinha, levando-se em consideração um área mínima para acomodação dos animais, que é igual a área que eles ocupam quando estão na sua posição natural, porém, recomenda-se sua utilização de forma a inibir o comportamento gregário dos juvenis durante o transporte, com o intuito de evitar a perda de apêndices;
- Biomassas maiores representam maior risco de problemas com mortalidade, principalmente quando se utiliza apenas aeração sem incorporação de oxigênio puro, pois um fator limitante no transporte de lagosta é o oxigênio dissolvido;
- Tendo em vista a alta taxa de mortalidade verificada em ambiente natural de *P. argus* durante o primeiro ano em estágio bentônico (95-97%), e redução de sua taxa de mortalidade (5-15%) pela captura de indivíduos para seu desenvolvimento inicial em laboratório, como abordado por Mills, Gardner e Oliver (2005), esta ação pode contribuir diretamente para a realização de operações visando a preservação da espécie.

REFERÊNCIAS

BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (Org.). **Plano de Gestão para o uso Sustentável de Lagostas no Brasil: *Panulirus argus* (Latreille, 1817) e *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1804)**. Brasília: IBAMA, 2008. 121 p.

CARDOSO, A. S.; VIEIRA, G. E. G.; MARQUES, A. K. O uso de microalgas para a obtenção de biocombustíveis. **Revista Brasileira de Biociências**, [s.l.], v. 9, n.4, p. 542-549, 2011.

COX, S. L.; JEFFS, A. G.; DAVIS, M. Developmental changes in the mouthparts of juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*: Implications for aquaculture. **Aquaculture**, [s.l.], v. 283, p. 168-174, 2008.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>), 2016. Acesso em: 01/06/2016.

FONTELES FILHO, Antonio Adauto. The state of the lobster fishery in north-east Brazil. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 121-134. (Fishing News Books).

GARDNER, C. et al. Simultaneous enhancement of rock lobster fisheries and provision of *puerulus* for aquaculture. **Fisheries Research**, [s.l.], v. 80, p. 122-128, 2006.

GORNIK, S. G. et al. The influence of defined ante-mortem stressors on the early post-mortem biochemical processes in the abdominal muscle of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). **Marine Biology Research**, [s.l.], v. 6, p. 223 -238, 2010

JEFFS, A.; DAVIS, M. An assessment of the aquaculture potential of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. **Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, [s.l.], v. 54, p. 413-426, 2003.

JOHNSTON, D. et al. Stocking density and shelter type for the optimal growth and survival of western rock lobster *Panulirus cygnus* (George). **Aquaculture**, [s.l.], v. 260, p. 114-127, 2006.

KEMP, J. O. G.; BRITZ, P. J. The effect of temperature on the growth, survival and food consumption of the east coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 280, p.227-231, 2008.

KITAKA, Jiro.; BOOTH, J. D. Prospectus for aquaculture. In: Phillips, B. F.; Kittaka, J. (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2. ed. Blackwell Publishing, 2000, p. 465-473. (Fishing News Books).

KRISTIANSEN, T. S. et al. **Development of Methods for Intensive Farming of European Lobster in Recirculated Seawater**. 6. ed. Norway: Fisker og havet, 2004. 52 p.

LELLIS, W. A.; RUSSELL, J. A. Effect of temperature on survival, growth and feed intake of postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 90, p. 1-9, 1990.

LIPCIUS, Romuald N.; EGGLESTON, David B. Introduction: ecology and fishery biology of spiny lobsters. In: Phillips, B. F.; Kittaka, J. (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 1-41. (Fishing News Books)

MILLER, Christian L.; OHS, Courtney L.; CRESWELL, R. Leroy. **Candidate Species for Florida Aquaculture: Caribbean Spiny Lobster, *Panulirus argus***. 2013. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA14700.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

MILLS, D. J.; GARDNER, C.; OLIVER, M. Survival and movement of naive juvenile spiny lobsters returned to the wild. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [s.l.], v. 324, p. 20-30, 2005.

MUÑOZ-NUÑEZ, D. **The Caribbean Spiny Lobster Fishery in CUBA: An Approach to Sustainable Fishery Management**. Virginia. 97 f. (Dissertação de Mestrado. Nicholas School of the Environment of Duke University). Disponível em: <http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/1008/Munoz-Nunez_MP-May2009.pdf?sequence=1>. 2009. Acesso em: 22 Jan. 2016.

MUZITANO, I. S. et al. Suplementação de vitamina C na estruturação do tecido conjuntivo de Melanotênia-maçã. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [s.l.], v. 34, p. 780-784, 2014.

PAIVA, Melquiades Pinto. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: Eufc, 1997. 278 p.

PERERA, E. et al. Effect of body weight, temperature and feeding on the metabolic rate in the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804). **Aquaculture**, [s.l.], v. 265, p. 261-270, 2007.

PHILLIPS, Bruce F.; MELVILLE-SMITH, Roy. *Panulirus* species. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 359-384.

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPPOSE, K. K. et al (Ed.). **Handbook on Open Sea Cage Culture**. Calicut: Maya Creative Mind, 2012. p. 96-111.

SMITH, G. G.; BROWN, M. R.; RITAR, A. J. Feeding juvenile *Artemia* enriched with ascorbic acid improves larval survival in the spiny lobster *Jasus edwardsii*. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 10, p.105-112, 2004.

STICKNEY, Robert R. Understanding and maintaining water quality. In: STICKNEY, Robert R. (Ed.). **Aquaculture: an Introductory Text**. Wallingford: Cabi Publishing, 2005b. p. 95-131.

STONER, Allan W. Assessing Stress and Predicting Mortality in Economically Significant Crustaceans. **Reviews In Fisheries Science**, [s.l.], v. 20, n. 3, p.111-135, jul. 2012. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/10641262.2012.689025.

WAHLE, R. A.; FOGARTY, M. J. Growth and Development: Understanding and Modelling Growth Variability in Lobsters. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing. 2006. p. 1-44.

WHITELEY, Nia; TAYLOR, Ted. **Handling, Transport and Storage of Live Crabs and Lobster**. 2016. Disponível em: <<http://seafoodacademy.org/Library/Seafish/Crabs and Lobsters.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall, Upper Sandller River. 2010. 944 p.

ZUANON, J. A. S.; SALARO, A. L.; FURUYA, W. M. Produção e nutrição de peixes ornamentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 40, p. 165-174, 2011.

CAPITULO IV - CULTIVO INDIVIDUAL DE JUVENIS DE LAGOSTA DA ESPÉCIE *PANULIRUS ARGUS* (LATREILLE, 1804), COM DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA E ALIMENTO

1 INTRODUÇÃO

As lagostas da família Palinuridae são comumente conhecidas como lagostas espinhosas ou de rocha, habitam desde águas temperadas a regiões tropicais e subtropicais (PHILLIPS; MORGAN; AUSTIN, 1980; HOLTHUIS, 1991), sendo um recurso de alto valor econômico, e grande demanda no mercado mundial, além de terem, por característica principal, o compartilhamento do hábito gregário (BRASIL, 2008)

A espécie *P. argus*, é por sua vez amplamente distribuída em águas tropicais e subtropicais do oceano Atlântico, indo desde a Carolina do Norte, Estados Unidos, ao estado de São Paulo, Brasil e estendendo-se às Bahamas e Antilhas, sendo uma das principais espécies economicamente importantes do Caribe (SOMOZA et al., 2008).

A pesca de lagosta no Brasil começou em meados dos anos 1950, e, na década de 1980, o Brasil tornou-se o segundo maior produtor de lagosta do mundo. Esta atividade tem enfrentado problemas nas últimas décadas e, embora haja uma gestão regulatória, muitas pessoas não cumprem tais regulamentações (PHILLIPS; MELVILLE-SMITH, 2006; PHILLIPS et al., 2013).

Na opinião de Muñoz-Nuñez (2009) a aquicultura surge como uma alternativa para o aumento da produção pesqueira. Jeffs e Davis (2003) corroboraram esta afirmação, e comentam que a aquicultura, em baixa densidade, de lagostas capturadas no ambiente na fase juvenil têm um grande potencial até que as técnicas de cultivo em laboratório, para a fase larval, sejam efetivamente desenvolvidas, para espécies do gênero *Panulirus*.

O cultivo de lagostas em sistema individual, com água e alimento de qualidade, tem sido indicado para diversas espécies, principalmente em função das taxas de canibalismo e da ampla variação de crescimento nos cultivos (DRENGSTIG; BERGHEIM, 2013). Dentre os parâmetros mais importantes nestes cultivos estão os relacionados à qualidade da água, uma vez que eles afetam, diretamente, a saúde animal, a utilização do alimento, as taxas de crescimento e a capacidade de carga do sistema (FOWLER et al., 1994).

Vê-se, portanto, que a água e alimento são fatores primordiais para o sucesso dos cultivos aquícolas. Drengstig e Bergheim (2013) destacaram que um sistema de cultivo com água de boa qualidade é essencial quando se deseja obter bem-estar animal, crescimento, redução no nível de estresse e nos surtos de doenças. As características físicas e químicas da água de cultivo ideais para diferentes tipos de organismos cultivados têm sido definidos como forma de obtenção de cultivos com boas taxas de crescimento e peso.

O sucesso na otimização do uso da água, é obtido com a utilização de alimentos atrativos, mais nutritivos, e que resultem em melhor aproveitamento, otimizando o potencial da espécie cultivada, reduzindo o gasto com troca de água e com o tempo de cultivo, além de oferecer uma melhor sanidade aos animais cultivados. Neste contexto, um alimento de qualidade, é aquele que além de prover o crescimento dos animais, não polui o ambiente de cultivo, auxiliando na sua manutenção, isto é, no manejo da água.

Vislumbra-se então, a necessidade de estudos de acompanhamento de diferentes manejos de água e alimento, tendo como objetivo principal a busca de alternativas para aperfeiçoamento do uso dos diversos tipos de alimento durante o cultivo de juvenis de lagosta.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar o cultivo individual de juvenis de lagostas da espécie *P. argus* (Latreille, 1804), com manejos de água e alimento diferenciados.

2 METODOLOGIA

2.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os animais utilizados neste experimento foram capturados na praia de Aranaú, município de Acaraú, Ceará e transportados até o Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha (BioAqua) da Universidade Federal do Piauí, *Campus* de Parnaíba, onde foi realizado o experimento.

2.2 ACLIMATAÇÃO E DESINFECÇÃO

Após o transporte, os animais foram aclimatados e, posteriormente, passaram por um processo de desinfecção com imersão em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos, e colocados no sistema de recepção de animais.

2.3 FASE DE ADAPTAÇÃO

Antes do início do experimento os animais passaram por uma fase de adaptação ao cativeiro, por um período de 30 dias, onde todos os organismos foram submetidos a mesma dieta. Segundo D´Abramo e Castell (1997) um período de pré-condicionamento é necessário, pois o histórico alimentar dos indivíduos é desconhecido e presumivelmente diferente. A duração deste período deve ser maior para adultos do que para juvenis que tem crescimento rápido, e maior para os nutrientes que são, preferencialmente, retirados dos alimentos, em relação àqueles que são facilmente metabolizados.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Foi utilizado um total de 288 juvenis da espécie *P. argus*, com peso médio de 4,8 g. O cultivo individual foi realizado por um período de 50 dias, onde foram realizados tratamentos com diferentes manejos de água e alimento:

(A) Cultivos com três diferentes manejos de água:

- 100% de troca de água a cada semana, sendo esta troca dividida em duas vezes;
- Com adição de probiótico e zero troca de água;
- Zero troca de água.

(B) Cultivos com quatro diferentes manejos de alimento:

- Unicamente com *Artemia* Leach, 1819, adulta congelada;
- Apenas com camarão da espécie *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), congelado;
- Somente com mexilhão da espécie *Perna perna* (Linnaeus, 1758), congelado;
- Com os três itens alimentares ministrados nos outros três manejos, em proporções iguais: 1/3 *Artemia*, 1/3 camarão e 1/3 mexilhão.

2.5 ALIMENTO E ALIMENTAÇÃO

O alimento foi ministrado uma vez por dia no início da noite, *ad libitum*, pois a espécie apesar de se alimentar, esporadicamente, em período com luz, dá preferência a alimentação no período sem iluminação, noturno.

Foi feita a escolha por alimentos sustentáveis, isto é, sem risco de sobreexploração para as espécies utilizadas. As espécies de camarão e mexilhão foram oriundas de cultivo, e a *Artemia* é um microcrustáceo de fácil cultivo, podendo ser cultivado para ser utilizado em grandes quantidades.

2.5.1 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS ALIMENTOS

A análise da composição centesimal dos alimentos (Tabela I) utilizados nos testes de alimento (*Artemia*, camarão, mexilhão e *Artemia*+camarão+mexilhão), foi realizada no Laboratório de Carnes e Pescado, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC). Além disso, ao final do experimento, foi feita a análise da composição química de amostras das lagostas cultivadas em todos os 4 tratamentos realizados. Todas as análises foram feitas em triplicata, e seguiram os métodos oficiais descritos pela AOAC (2005). A umidade foi determinada através do método gravimétrico, em estufa a 105°C até peso constante. O teor de cinzas foi obtido através do método gravimétrico, pela eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil, em forno mufla a 550°C. A análise de proteína bruta foi feita através da metodologia de Kjeldhal, após digestão da amostra e destilação do nitrogênio. A fração lipídica foi obtida no extrator de Soxhlet, utilizando-se como solvente o éter de petróleo, por 5 horas, seguido de aquecimento em estufa até evaporação total do solvente. Os carboidratos foram determinados pela diferença entre o total da amostra (100%) e as porcentagens dos teores de proteína, extrato etéreo, umidade e cinzas.

Tabela I - Valores médios da composição centesimal (%) e desvio padrão dos alimentos fornecidos aos juvenis de lagostas da espécie *Panulirus argus*, em sistema de cultivo individual.

Composição química	Composição centesimal			
	<i>Artemia</i>	Camarão	Mexilhão	<i>Artemia</i> , camarão e mexilhão
Umidade	90,61±0,11	77,09±0,18	80,52±0,33	82,76±0,07
Proteína Bruta	5,39±0,17	19,46±0,25	13,88±0,59	12,92±0,34
Extrato etéreo	0,68±0,01	0,28±0,00	1,62±0,39	0,86±0,04
Cinzas	1,80±0,01	1,21±0,08	0,94±0,05	1,32±0,04
Carboidrato*	1,52	1,96	3,04	2,14

* Determinação feita por diferença, não sendo realizada análise para determinação, exclusiva, deste constituinte.

2.6 CONTROLE BIOMÉTRICO

O controle biométrico foi realizado semanalmente. O peso foi obtido através de uma balança semi-analítica (Gehaka™), com precisão de 0,01 g (Figura 1A). O comprimento foi determinado através da medição do cefalotórax e do comprimento total, e por diferença obteve-se o tamanho da cauda, sendo as medições de tamanho realizadas com paquímetro digital (Vonder™), com precisão de 0,01 mm (Figura 1B).

Figura 1 - Equipamentos utilizados na biometria: **(A)** Balança com precisão de 0,01 g; e **(B)** Paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.



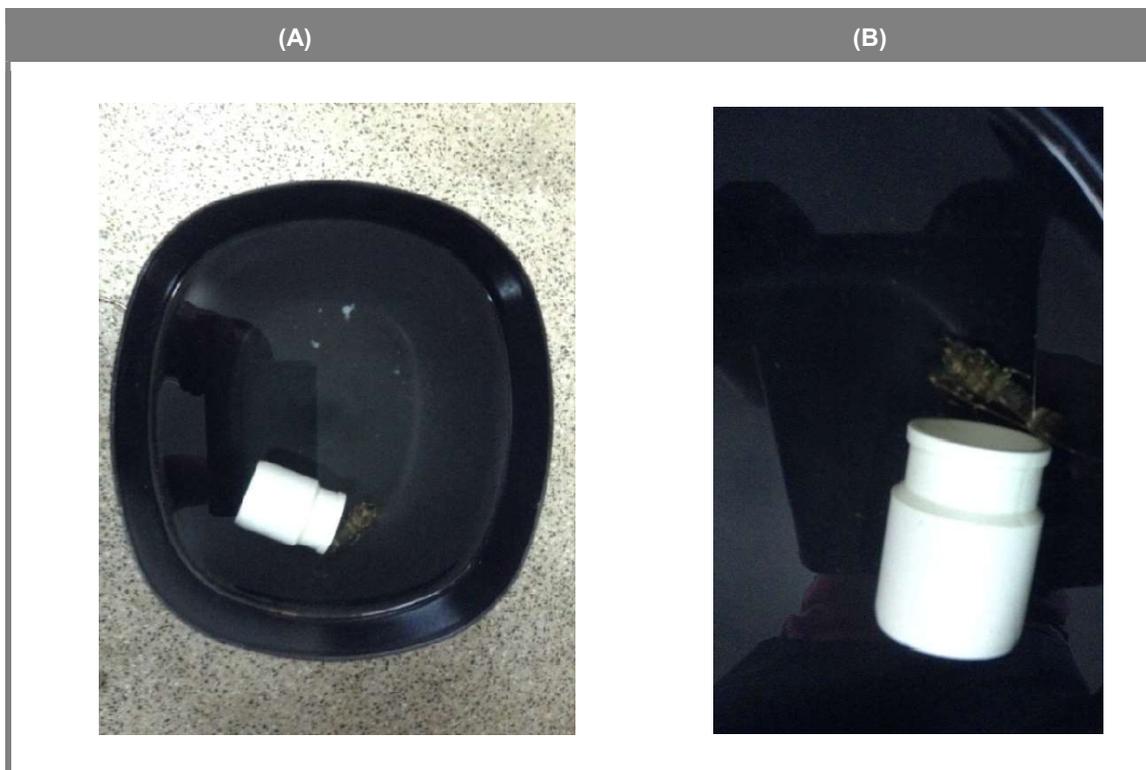
Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7 ESTRUTURA DE CULTIVO

Os animais foram cultivados em recipientes de polipropileno de cor preta com capacidade de 5 L, contendo 4 L de água marinha, chamados de Unidade de Cultivo Individual (UCI) (Figura 2A). Cada recipiente possuía uma conexão em PVC que servia como abrigo para as lagostas, com diâmetro variando de 40 a 50 mm, cada (Figura 2B).

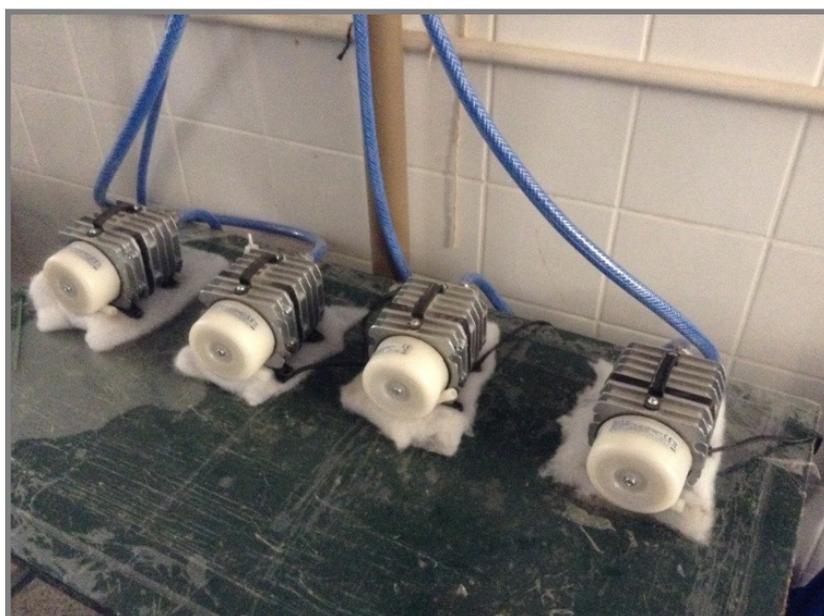
Foram instalados doze sistemas individuais de aeração, um para cada estante de PVC, os quais eram compostos, cada um, por um mini-compressor eletromagnético da marca Boyu™ com capacidade de 50 L min.⁻¹ (Figura 3), com a função de distribuir o ar, constantemente, para 24 UCIs, através de mangueira de aeração com uma pedra porosa na extremidade.

Figura 2 - Unidade de cultivo individual, com volume de 5 L: **(A)** Vista superior da unidade de cultivo individual; e **(B)** Detalhe do abrigo, conexão em PVC, com diâmetro de 40 mm em uma extremidade e 50 mm na outra.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

Figura 3 - Mini-compressores eletromagnéticos com capacidade de 50 L min.⁻¹.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.8 MANUTENÇÃO DO SISTEMA

A cada 24 h, na fase de luz, foi feita a retirada dos restos de alimento e fezes das UCI's . Observava-se, também, o volume de ar para cada UCI, e caso necessário, partes do sistema de aeração, como pedras porosas e divisores de ar, eram substituídos.

Em função da aeração constante, e do índice de evaporação, observou-se variação na salinidade nas unidades de cultivo, desta forma, foi realizado, diariamente, o controle do nível de água, com reposição do volume perdido através da adição de água filtrada.

2.9 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Foi realizado o monitoramento de variáveis físicas e químicas da água de cultivo: condutividade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, amônia total, nitrito, alcalinidade, dureza e fosfato.

Diariamente, foram mensurados os valores de pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) de 72 UCI's, utilizando-se uma sonda multiparâmetros YSI™ Professional Plus, sendo que a cada 4 dias, todas as UCI's foram monitoradas (Figura 4A).

Analisou-se semanalmente, para cada tratamento, os níveis de amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), dureza (mg L^{-1} de CaCO_3) e fosfato (mg L^{-1}), com um fotômetro YSI™ EcoSense 9.500 (Figura 4B). Na remoção da amostra, para medição destas variáveis, foi retirada uma alíquota da cada UCI para formar a amostra para análise em cada diferente tratamento de manejo de água. Nos tratamentos com troca de água a medição foi realizada no dia da troca, e anterior a esta.

O fotoperíodo utilizado foi de 14 h de luz, a cada 24 h, o mesmo utilizado por Cox e Davis (2009), para a mesma espécie.

Figura 4 - Equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água: **(A)** Sonda multiparâmetros; e **(B)** Fotômetro.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

No experimento foram realizados 12 tratamentos com 24 repetições cada (Figura 5). Na tabela II, estão discriminados todos os tratamentos realizados.

Figura 5 - Baterias de UCI's para cultivo individual, evidenciando o sistema de aeração e organização dos tratamentos realizados: **Acima** - Vista das três baterias com quatro estantes cada; e **Abaixo** - Vista geral de todo o sistema de cultivo individual.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

Tabela II - Tratamentos utilizados no experimento variando-se o manejo da água e alimento ministrado.

Variáveis do experimento	<i>Artemia</i>	Camarão	Mexilhão	<i>Artemia</i> , camarão e mexilhão
100% de renovação	Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III	Tratamento IV
Probiótico	Tratamento V	Tratamento VI	Tratamento VII	Tratamento VIII
Sem manejo*	Tratamento IX	Tratamento X	Tratamento XI	Tratamento XII

* Sem troca de água e sem uso de probiótico.

Para avaliação dos resultados foram feitas análises comparativas das médias dos tratamentos com relação aos diferentes manejos de água e de alimento impostos aos animais.

2.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliação dos manejos de águas aplicados foi feita a análise estatística das médias dos tratamentos I ao IV - 100% de renovação semanal, dos tratamentos V ao VII - utilizando-se probiótico e dos tratamentos IX ao XII - zero troca de água.

Na avaliação dos manejos de alimento, foi realizada a análise estatística das médias dos tratamentos I, V e IX - alimentadas com *Artemia*, com os tratamentos II, VI e X - alimentadas com camarão, com os tratamentos III, VII e XI - alimentadas com mexilhão e com os tratamentos IV, VIII e XII - alimentadas com *Artemia*, camarão e mexilhão.

No estudo da composição centesimal do músculo das lagostas, as amostras foram agrupadas de acordo com o manejo alimentar, conforme o realizado na avaliação dos manejos de alimento.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$). Para os grupos que apresentaram distribuição normal ($P>0,05$) foi realizado o teste de comparação de médias ANOVA, e quando a hipótese nula foi rejeitada aplicou-se o teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Quando não se verificou distribuição normal ($P<0,05$) foi realizado o teste Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) (ZAR, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DE CULTIVO

3.1.1 MANEJO DA ÁGUA

Com relação às variáveis físicas e químicas da água de cultivo, a temperatura sofreu uma variação mínima com relação à média dos tratamentos comparados, tendo valor máximo de 26,78°C na média dos tratamentos I-IV, mínimo de 26,69°C na média dos tratamentos XI-XII, não havendo diferença estatística entre as médias dos grupos dos tratamentos analisados (Tabela III; Gráfico 1). Para Radhakrishnan (2012), a temperatura ideal para espécies tropicais deve ficar entre 25-30°C, e a salinidade de 30-38‰. Destaca-se que a temperatura e salinidade observadas durante o cultivo, em todos os grupos de tratamentos, ficaram dentro deste intervalo.

Cox e Davis (2009) em cultivo de juvenis de *P. argus* mantiveram a temperatura em torno de 28°C e a salinidade em 30 g L⁻¹. Smith et al. (2003) cultivaram juvenis de *Panulirus ornatus* utilizando indivíduos com biomassa entre 1-4 g, também em temperatura em torno de 28°C e salinidade entre 33-35 g L⁻¹. De acordo com Cob (2012) para máximo crescimento de *P. argus* em cativeiro a temperatura do sistema de cultivo deve ser mantida idealmente entre 28-30°C.

Williams et al. (2005) obtiveram valores de temperatura e salinidade semelhantes a Barclay et al. (2006), Cox e Davis (2009) e Smith et al. (2003), no cultivo de juvenis de *P. ornatus* com tamanho variando de aproximadamente 3-7 g.

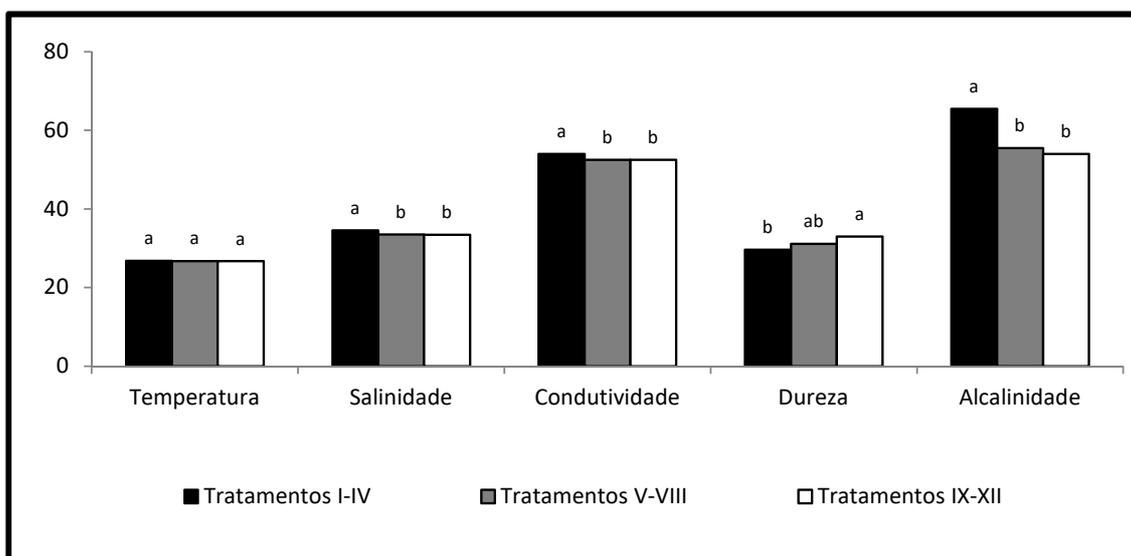
A salinidade e a condutividade mostraram-se diferentes estatisticamente quando comparados os três manejos aplicados. Os tratamentos com renovação de água foram diferentes estatisticamente dos demais tratamentos, os quais, não apresentaram diferença estatística entre si. Esta semelhança entre os tratamentos sem troca de água durante o cultivo, e o que realizou a troca, foi, possivelmente, devido ao ajuste diário de salinidade que foi realizado nos tratamentos sem troca, enquanto que naqueles onde houve renovação de água, este ajuste foi realizado no momento da troca de água. Apesar da diferença estatística quando comparadas as médias dos tratamentos nos diferentes manejos, a diferença entre elas foi pequena, variando de 34,56‰ e 54.009,25 µS cm⁻¹, na média dos tratamentos I-IV a 33,42‰ e 52.498,75 µS cm⁻¹ para salinidade e condutividade, respectivamente (Tabela III; Gráfico 1).

Foi observada diferença estatística na variável dureza total entre a média dos tratamentos I-IV e a média dos tratamentos IX-XII, enquanto que a média dos tratamentos V-VIII, com uso de probiótico, não apresentou diferença entre as médias dos outros grupos analisados. A dureza total variou de 329,75 mg L⁻¹ de CaCO₃ valor médio dos tratamentos IX-XII, a 296,25 mg L⁻¹ de CaCO₃ na média dos tratamentos I-IV (Tabela III; Gráfico 1).

Estatisticamente, a alcalinidade apresentou resultado semelhante a salinidade e a condutividade, sendo a média dos tratamentos V-VIII e IX-XII diferente estatisticamente da média dos tratamentos I-IV, que apresentou valor superior aos demais grupos, com média de 65,5 mg L⁻¹ de CaCO₃ (Tabela III; Gráfico 1).

Para Radhakrishnan (2012) a dureza total da água marinha deve ficar entre 100-200 ppm (mg L⁻¹), sendo que o menor valor médio observado na água dos tratamentos foi superior a este valor em aproximadamente 100 mg L⁻¹. Portanto, a média de todos os tratamentos ficou acima do intervalo, não interferindo no processo de ecdise e crescimento. Caso contrário, poderia haver dificuldade na formação do novo exoesqueleto, podendo causar a morte do animal durante a troca. Em todos os quatro tratamentos dos testes de alimento o nitrito ficou entre 5 e 6 mg L⁻¹.

Gráfico 1 - Valores médios de temperatura (°C), salinidade (‰), condutividade (µS cm⁻¹), dureza total (mg L⁻¹ de CaCO₃) e alcalinidade (mg L⁻¹ de CaCO₃), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico; e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

Observação: os valores de condutividade foram divididos por 1.000 e os de dureza total por 10, para melhor apresentação no gráfico.

No que se refere ao oxigênio dissolvido, a média dos tratamentos I-IV, com troca de água, não mostrou diferença estatística com as médias dos tratamentos V-VIII e IX-XII, que foram diferentes estatisticamente e apresentaram a menor e a maior média, respectivamente, entre os grupos de tratamentos. Com 4,74 mg L⁻¹ para os tratamentos V-VII e 4,87 mg L⁻¹ para os tratamentos IX-XII (Tabela III; Gráfico 2).

A análise estatística das médias de pH dos diferentes grupos de tratamentos estudados apresentou característica semelhante ao oxigênio dissolvido, porém o grupo de tratamentos que não mostrou diferença estatística entre os demais foi o dos tratamentos IX-XII, com uso de probiótico, enquanto os outros foram diferentes estatisticamente entre si. O maior valor médio de pH foi de 7,96 obtido na média dos tratamentos I-IV, onde a variação do pH foi muito pequena, mantendo-se sempre próximo de 8,0, devido as constantes renovações de água, enquanto as médias dos outros grupos de tratamento ficaram em torno de 7,5 (Tabela III; Gráfico 2).

A amônia total e a temperatura, não apresentaram diferença estatística entre a média dos grupos de tratamentos analisados. O valor médio para todos os grupos estudados ficou em torno de 1,0 mg L⁻¹, com o maior valor médio sendo obtido pelos tratamentos I-IV, com renovação, 1,1 mg L⁻¹ e o menor 1,07 mg L⁻¹ para a média dos tratamentos com utilização de probiótico (Tabela III; Gráfico 2).

A concentração de amônia total observada por Radhakrishnan (2012) ficou abaixo de 2,0 mg L⁻¹, sendo que em todos os tratamentos esta variável ficou próxima de 1,0 mg L⁻¹. Kemp e Britz (2008) em trabalho para determinar o efeito da temperatura no crescimento de *Panulirus homarus rubellus* em sistema parcial de recirculação, 10% de troca diária, obteve níveis mais baixos de amônia total, com concentrações abaixo de 0,25 mg L⁻¹ e oxigênio dissolvido próximo da saturação, certamente superior a 5,0 mg L⁻¹, próximas as concentrações obtidas nos tratamentos de manejo de água e alimento.

Destaca-se que o tratamento sem renovação de água e sem uso de probiótico apresentou valores de amônia total semelhante aos outros grupos que possuíam manejo de água para redução da concentração de amônia. Possivelmente devido a um biofilme que se formou na parede dos recipientes de cultivo que possibilitou a formação de colônias de bactérias que consumiram a amônia nestes tratamentos, já que durante os 50 dias de cultivo não houve limpeza das UCI's, apenas a retirada de alimentos não consumidos e fezes.

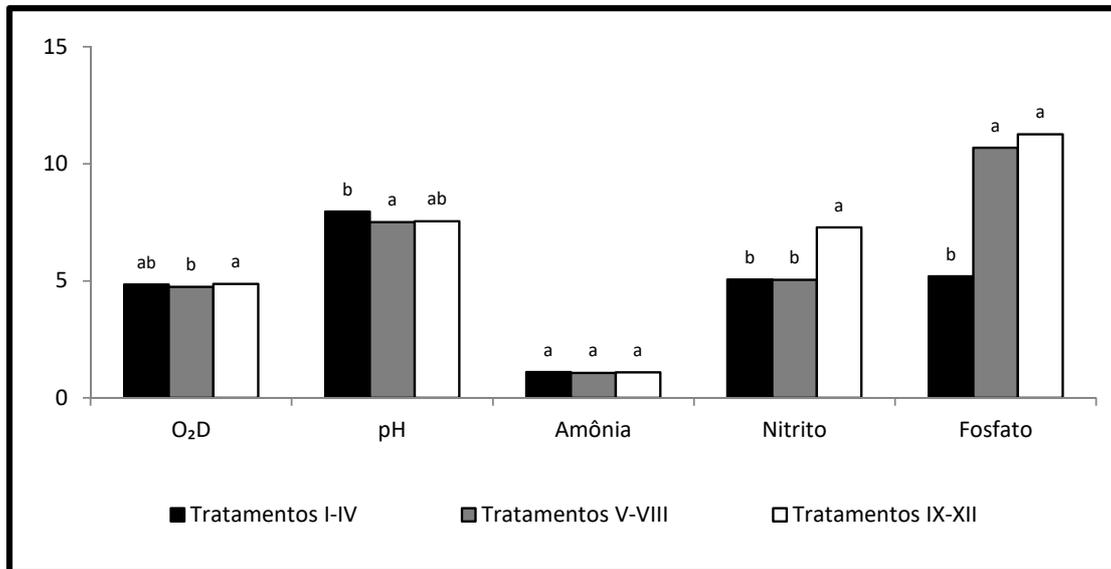
As concentrações médias de nitrito foram diferentes das de amônia total, e, mostraram diferença estatística entre os tratamentos com renovação e uso de probiótico, com a média dos tratamentos IX-XII (Tabela III; Gráfico 2). Radhakrishnan (2012)

recomenda que a concentração de nitrito fique abaixo de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$. Nos tratamentos com troca de água e uso de probiótico, as concentrações médias ficaram próximas a este valor, mas nos tratamentos sem troca de água o valor médio ficou acima de $7,0 \text{ mg L}^{-1}$, mostrando que o valor máximo do intervalo de tolerância para espécie *P. argus* é maior que para outras espécies do mesmo gênero.

O nitrito, composto originário a partir da metabolização da amônia pelas bactérias autotróficas, principalmente do gênero *Nitrosomonas*, tem sua concentração superior a da amônia total principalmente no início dos cultivos, devido a menor taxa de crescimento das bactérias que o metabolizam do que as que utilizam amônia no seu metabolismo. Então, nos diferentes manejos utilizados os tratamentos I-IV e V-VIII, possuíam estratégias para remediação da concentração de amônia total e nitrito, no caso da amônia o crescimento acelerado das bactérias reduziram sua concentração a valores estatisticamente iguais em todos os tratamentos, já com relação ao nitrito as condições de cultivo não permitiram que ocorresse de forma semelhante, fazendo com que a média dos tratamentos sem renovação e sem uso de probiótico fosse superior as demais com valores de $7,29 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela III; Gráfico 2).

No caso do fosfato a principal fonte no cultivo foi a decomposição do alimento não ingerido e das excretas dos animais, e para sua retirada seria necessário a realização de troca de água ou utilização de macroalgas ou microalgas. Devido a isto, a análise das médias dos grupos de tratamentos mostrou diferença estatística entre os tratamentos com renovação e com a média dos outros grupos de tratamento. Enquanto as médias dos tratamentos V-VIII e IX-XII ficaram em $10,68$ e $11,26 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente, a dos tratamentos com renovação ficou em $5,19 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela III; Gráfico 2).

Gráfico 2 - Valores médios oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}) e fosfato (mg L^{-1}), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico; e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

Tabela III - Valores médios e desvio padrão da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), fosfato (mg L^{-1}), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.

Variáveis	Tratamentos I-IV	Tratamentos V-VIII	Tratamentos IX-XII
Temperatura*	26,78 \pm 0,05 ^a	26,75 \pm 0,04 ^a	26,69 \pm 0,07 ^a
Oxig. dissolv.*	4,84 \pm 0,08 ^{ab}	4,74 \pm 0,04 ^b	4,87 \pm 0,04 ^a
pH**	7,96 \pm 0,005 ^b	7,51 \pm 0,13 ^a	7,54 \pm 0,11 ^{ab}
Salinidade*	34,56 \pm 0,16 ^a	33,51 \pm 0,47 ^b	33,42 \pm 0,58 ^b
Condutividade*	54.009,25 \pm 169,94 ^a	52.514,75 \pm 774,52 ^b	52.498,75 \pm 868,80 ^b
Amônia total*	1,10 \pm 0,15 ^a	1,07 \pm 0,12 ^a	1,09 \pm 0,08 ^a
Nitrito*	5,06 \pm 0,27 ^b	5,05 \pm 0,09 ^b	7,28 \pm 0,53 ^a
Fosfato*	5,19 \pm 0,33 ^b	10,68 \pm 0,51 ^a	11,26 \pm 1,60 ^a
Dureza total*	296,25 \pm 11,44 ^b	311,25 \pm 16,44 ^{ab}	329,75 \pm 16,21 ^a
Alcalinidade*	65,50 \pm 3,11 ^a	55,50 \pm 5,07 ^b	54,00 \pm 5,60 ^b

Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

* ANOVA - As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($P>0,05$), para o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

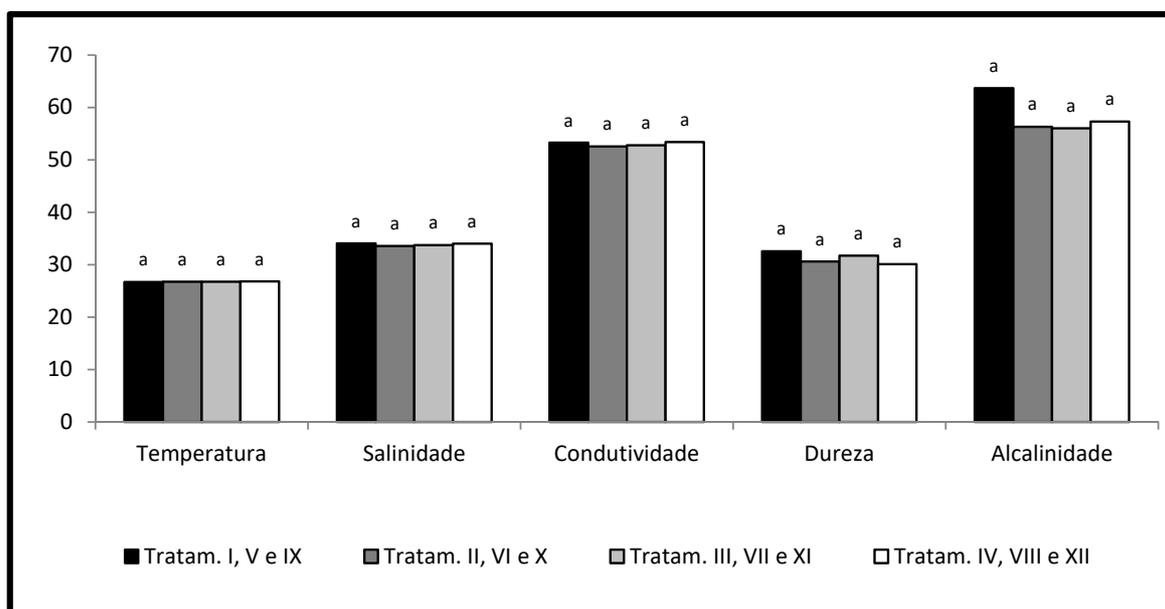
3.1.2 MANEJO DO ALIMENTO

Com relação a temperatura, salinidade, condutividade, dureza total e alcalinidade, as médias obtidas nos tratamentos com diferentes manejos de alimentação, não foi observada diferença estatística entre os grupos de tratamentos analisados para nenhuma destas variáveis. Nos tratamentos onde as lagostas foram alimentadas com a dieta composta por *Artemia* + camarão + mexilhão, foram observadas as maiores médias de temperatura e condutividade com 26,81°C e 53.392,00 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente. Os tratamentos no qual foram utilizadas *Artemia* como alimento, observou-se os maiores valores médios de salinidade, dureza total e alcalinidade, com 34,06‰, 325,33 mg L^{-1} de CaCO_3 e 63,67 mg L^{-1} de CaCO_3 , respectivamente (Tabela IV; Gráfico 3).

Barclay et al. (2006) em trabalho com cultivo de juvenis de *P. ornatus* com tamanho médio de 18 g, com salinidade de 33-35 g L^{-1} e temperatura de 28°C, obtiveram sobrevivência variando de 78 a 94%.

Os menores valores médios obtidos para estas variáveis foi de 26,69°C, para temperatura nos tratamentos I, V, IX; para salinidade e condutividade nos tratamentos II, VI, X com 33,55‰ e 52.545,33 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente; para alcalinidade os tratamentos III, VII e XI com 56 mg L^{-1} de CaCO_3 ; e dureza total com 301 mg L^{-1} de CaCO_3 nos tratamentos alimentados com *Artemia*, mexilhão e camarão (Tabela IV; Gráfico 3).

Gráfico 3 - Valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

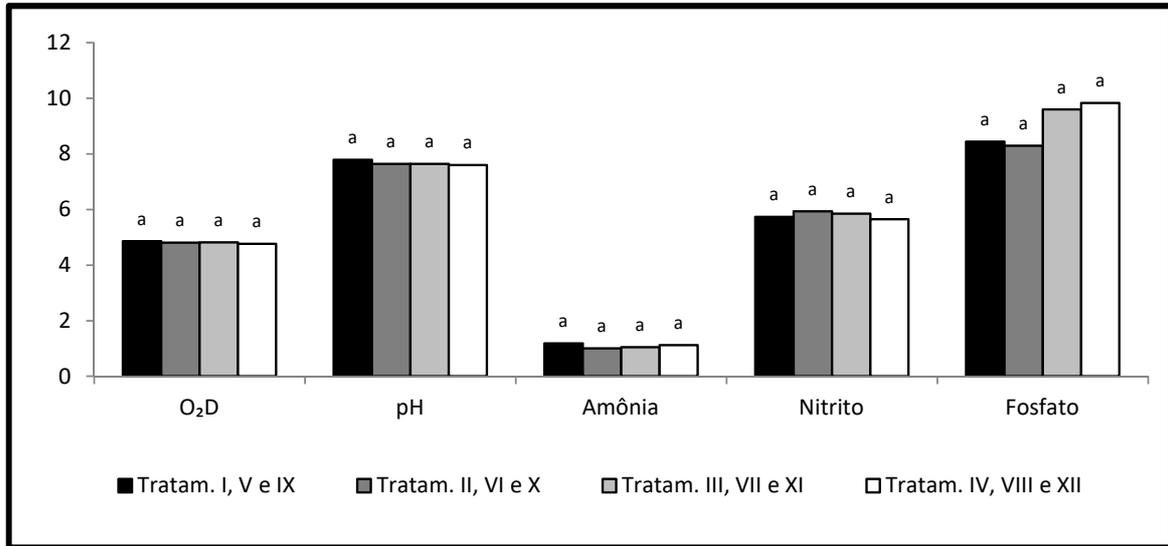
Observação: os valores de condutividade foram divididos por 1.000 e os de dureza total por 10, para melhor apresentação no gráfico.

As variáveis oxigênio dissolvido, pH, amônia total, nitrito e fosfato, também não se mostraram estatisticamente diferentes para as médias dos grupos de tratamentos analisados (Tabela IV; Gráfico 4).

O oxigênio dissolvido foi maior na média dos tratamentos nos quais se utilizou *Artemia* como alimento, $4,86 \text{ mg L}^{-1}$, e menor no tratamento onde as lagostas foram alimentadas com *Artemia*, camarão e mexilhão, $4,77 \text{ mg L}^{-1}$. O pH e a amônia total apresentaram as maiores médias no grupo onde os indivíduos foram alimentados com *Artemia*, $7,79$ e $1,18 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Os menores valores médios foram de $7,6$ para o pH nos tratamentos IV, VIII e XII, e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ para os tratamentos II, VI e X, onde as lagostas foram alimentadas com camarão. Já com relação ao nitrito, os valores médios entre os grupos de tratamentos variaram de $5,94 \text{ mg L}^{-1}$ a $5,65 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que a maior média foi observada para os tratamentos onde os indivíduos foram alimentados com camarão, e a menor média para os tratamentos onde as lagostas foram alimentadas com *Artemia*, camarão e mexilhão. Os valores médios do fosfato ficaram entre 8 e 10 mg L^{-1} , com o grupo de tratamento que apresentou a maior média, $9,83 \text{ mg L}^{-1}$, o alimentado com

Artemia, camarão e mexilhão, e o de menor, 8,30 mg L⁻¹, o grupo de tratamento no qual utilizou-se o mexilhão como alimento (Tabela IV; Gráfico 4).

Gráfico 4 - Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH, amônia total (mg L⁻¹), nitrito (mg L⁻¹), fosfato (mg L⁻¹), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

Tabela IV - Valores médios e desvio padrão da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), fosfato (mg L^{-1}), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.

Variáveis	Tratamentos I, V e IX	Tratamentos II, VI e X	Tratamentos III, VII e XI	Tratamentos IV, VIII e XII
Temperatura**	26,69±0,06 ^a	26,74±0,05 ^a	26,72±0,05 ^a	26,81±0,03 ^a
Oxig. dissolv.*	4,86±0,10 ^a	4,81±0,09 ^a	4,82±0,08 ^a	4,77±0,07 ^a
pH**	7,79±0,15 ^a	7,64±0,28 ^a	7,64±0,27 ^a	7,60±0,31 ^a
Salinidade*	34,06±0,52 ^a	33,55±0,95 ^a	33,71±0,89 ^a	33,99±0,50 ^a
Condutividade*	53.281,33±907,34 ^a	52.545,33±1.250,55 ^a	52.811,67±1.251,33 ^a	53.392,00±648,46 ^a
Amônia total*	1,18±0,05 ^a	1,00±0,09 ^a	1,05±0,06 ^a	1,12±0,16 ^a
Nitrito*	5,74±1,50 ^a	5,94±1,30 ^a	5,85±1,59 ^a	5,65±0,75 ^a
Fosfato*	8,44±3,19 ^a	8,30±2,78 ^a	9,60±3,73 ^a	9,83±3,82 ^a
Dureza total*	325,33±29,96 ^a	306,00±19,31 ^a	317,33±14,74 ^a	301,00±9,54 ^a
Alcalinidade*	63,67±2,08 ^a	56,33±10,21 ^a	56,00±4,36 ^a	57,33±8,39 ^a

Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

* ANOVA - As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

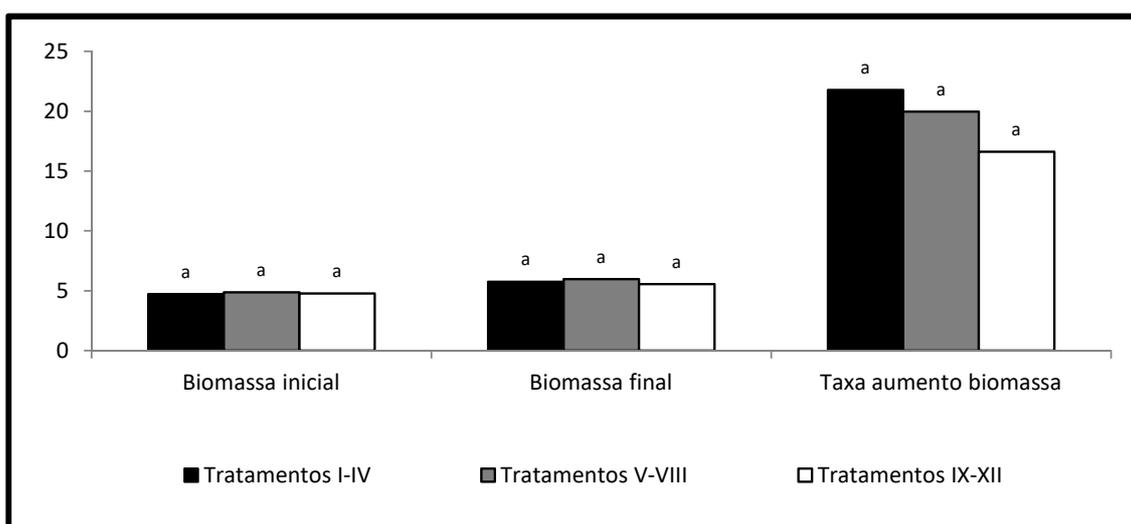
** As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($P>0,05$), para o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

3.2.1 MANEJO DA ÁGUA

Com relação ao desempenho zootécnico, não houve diferença estatística entre as médias de todos os grupos com relação a biomassa inicial, final e taxa de aumento de biomassa. Os tratamentos V-VIII, com uso de probiótico, apresentaram os maiores valores de biomassa inicial e final com médias de 4,98 e 5,98 g, respectivamente. A maior taxa de ganho de peso foi obtida nos tratamentos com renovação de água 21,77% (Tabela V; Gráfico 5).

Gráfico 5 - Valores médios de biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



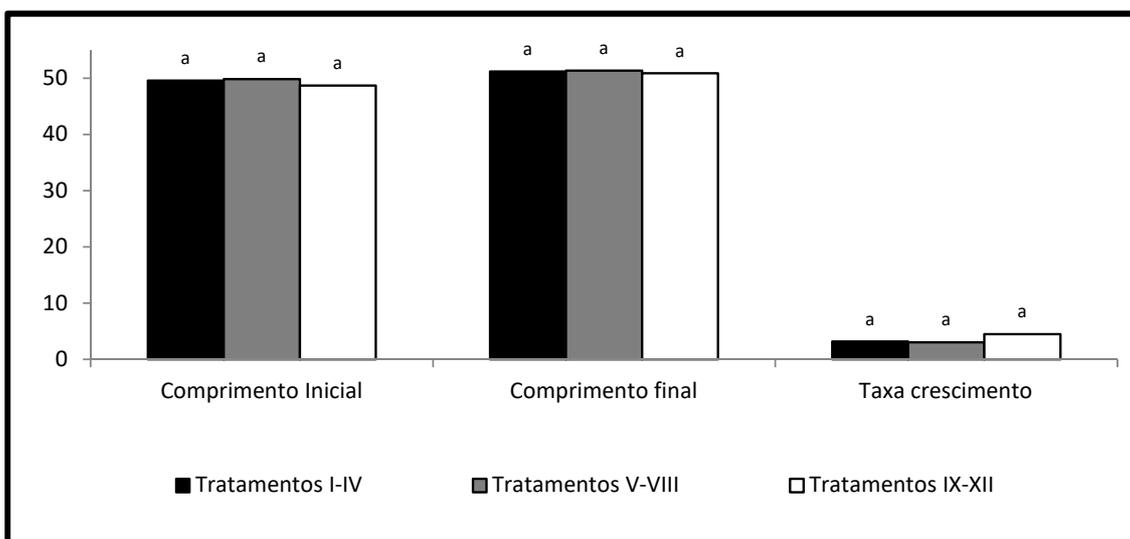
Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

Como nos valores relacionados à biomassa, o comprimento inicial e final e a taxa de crescimento não apresentaram diferença estatística entre as médias de todos os grupos de tratamentos, os tratamentos V-VIII, também mostraram as maiores médias de comprimento inicial e final, 49,83 e 51,34 mm, respectivamente. Os tratamentos sem renovação de água, com duração de 50 dias, apresentaram a maior média para a taxa de crescimento com 4,51%, enquanto a média dos outros grupos de tratamento ficou abaixo de 3,5% (Tabela V; Gráfico 6).

Kemp e Britz (2008) em pesquisa para determinar o efeito da temperatura no crescimento de juvenis de *P. homarus rubellus* com comprimento médio de cefalotórax de

40 mm, em sistema parcial de recirculação, com 10% de troca diária, alimentados com *Mytilus edulis* e *Mytilus galloprovincialis* obtiveram sobrevivência de 100 e 90% e ganho de peso de 36,32 e 52,75 g, para temperaturas de 26 e 28°C, respectivamente. Nos 223 dias de cultivo a taxa de ganho de biomassa foi de 57,91% e 77,29%, para 26 e 28°C, quando se faz a transformação para 50 dias de cultivo, este ganho fica em 12,98 e 17,33%, inferior aos 19,45% alcançados no BioAqua nos manejos de alimentação e água, com temperaturas médias entre 26 e 27°C.

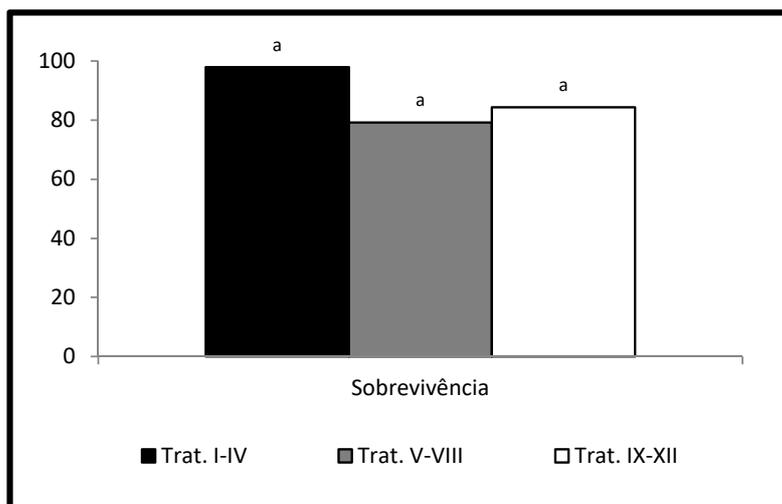
Gráfico 6 - Valores médios de comprimento total médio inicial e final (mm), taxa de crescimento (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

A sobrevivência no tratamento com renovação de água apresentou a maior média, com 97,92%, enquanto que os tratamentos com uso de probiótico e sem renovação, e sem uso de probiótico apresentaram médias de 79,19 e 84,38%, apesar da diferença entre as médias não houve diferença estatística entre elas em todos os grupos de tratamento (Tabela V; Gráfico 7).

Gráfico 7 - Valores médios de sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

Tabela V - Valores médios e desvio padrão da biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), comprimento total médio inicial e final (mm), taxa de crescimento (%) e sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.

Variáveis	Tratamentos I-IV	Tratamentos V-VIII	Tratamentos IX-XII
Biomassa inicial*	4,73±0,15 ^a	4,98±0,13 ^a	4,78±0,39 ^a
Biomassa final*	5,76±0,08 ^a	5,98±0,40 ^a	5,56±0,35 ^a
Taxa aum. biom.*	21,77±4,38 ^a	19,96±5,48 ^a	16,61±5,79 ^a
Comp. inicial*	49,58±0,47 ^a	49,83±0,67 ^a	48,70±1,17 ^a
Comp. final*	51,18±0,26 ^a	51,34±1,12 ^a	50,89±0,86 ^a
Taxa de crescim.*	3,21±0,87 ^a	3,02±1,93 ^a	4,51±1,65 ^a
Sobrevivência**	97,92±2,41 ^a	79,19±7,61 ^a	84,38±12,44 ^a

Legenda: tratamentos I-IV – 100% de renovação de água semanalmente; tratamentos V-VIII – uso de probiótico e tratamentos IX-XII – sem renovação e sem uso de probiótico.

* ANOVA - As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (P>0,05), para o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

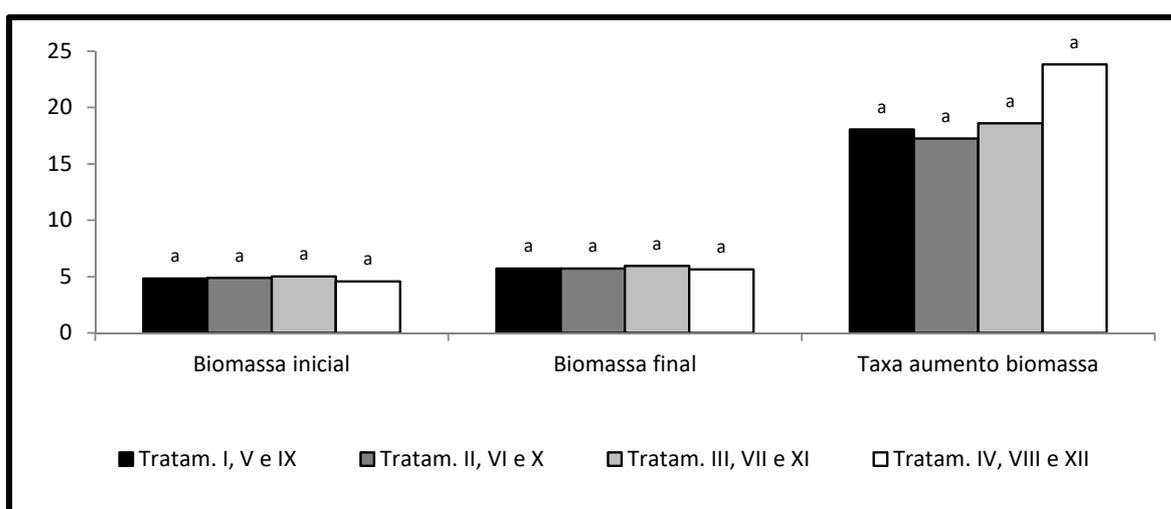
3.2.2 MANEJO DO ALIMENTO

Como nos grupos de tratamentos em que se comparou diferentes manejos de água, nas médias dos tratamentos com relação ao desempenho zootécnicos em todos os testes de alimento, não houve diferença estatística em nenhuma das variáveis zootécnicas analisadas (Tabela VI; Gráficos 8, 9 e 10).

Nos tratamentos onde os animais foram alimentados com mexilhão observou-se a maior média de biomassa inicial e final, 5,01 g e 5,95 g, respectivamente, mas o grupo de tratamentos com maior taxa de aumento de biomassa foi o alimentado com *Artemia*, camarão e mexilhão, com 23,84%, mais de 6% superior ao grupo de tratamentos com menor média, 17,27% que foram os tratamentos alimentados somente com camarão (Tabela VI; Gráfico 8).

Cox e Davis (2009) em cultivo de juvenis de *P. argus* com comprimento médio de cefalotórax de 6-7 mm, por um período de 28 dias com densidade de 10 ind./ tanque, em sistema de fluxo contínuo, para teste com sete diferentes tipos de alimentos entre eles *Artemia* congelada, obtiveram um ganho de biomassa de 28,9%, e 8,8% no comprimento de cefalotórax, superior ao valor obtido no manejo alimentar nos tratamentos com dieta de *Artemia*. Isto se justifica, pois os animais utilizados por Cox e Davis (2009) foram menores do que os utilizados no trabalho realizado no BioAqua, o que resulta em um ganho relativo maior, que vai se reduzindo a medida que os animais crescem.

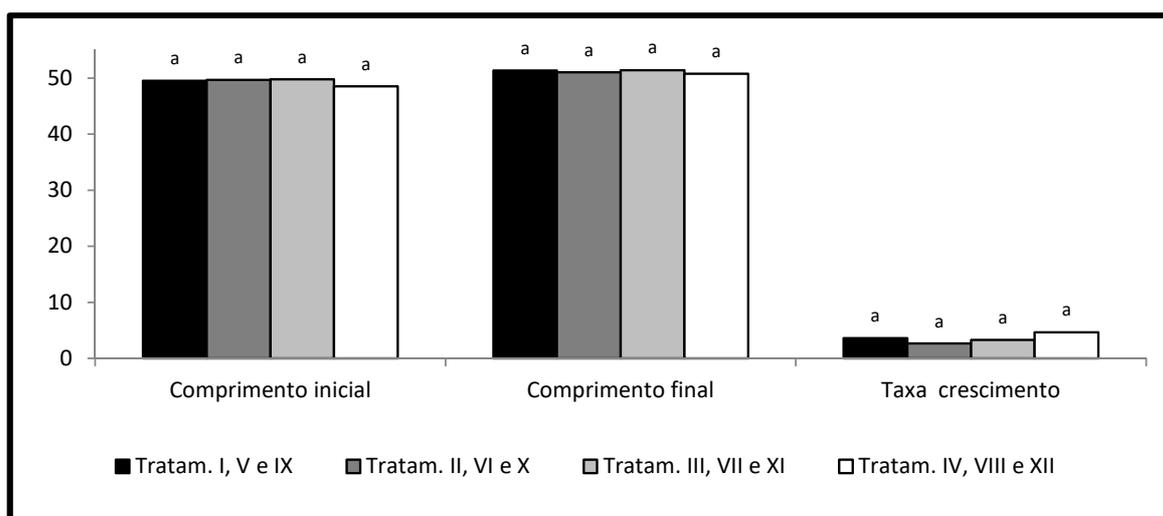
Gráfico 8 - Valores médios de biomassa média inicial e final (g), taxa de aumento de biomassa (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

Com relação aos valores médios de comprimento inicial e final e taxa de crescimento, a exemplo dos valores relacionados com biomassa, os tratamentos alimentados com mexilhão obtiveram as maiores médias de comprimento inicial e final, 49,76 e 51,40 g, respectivamente, e o tratamento alimentado com *Artemia*, camarão e mexilhão a maior média de taxa de crescimento com 4,66% (Tabela VI; Gráfico 9).

Gráfico 9 - Valores médios de comprimento total médio inicial e final (mm) e taxa de crescimento (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



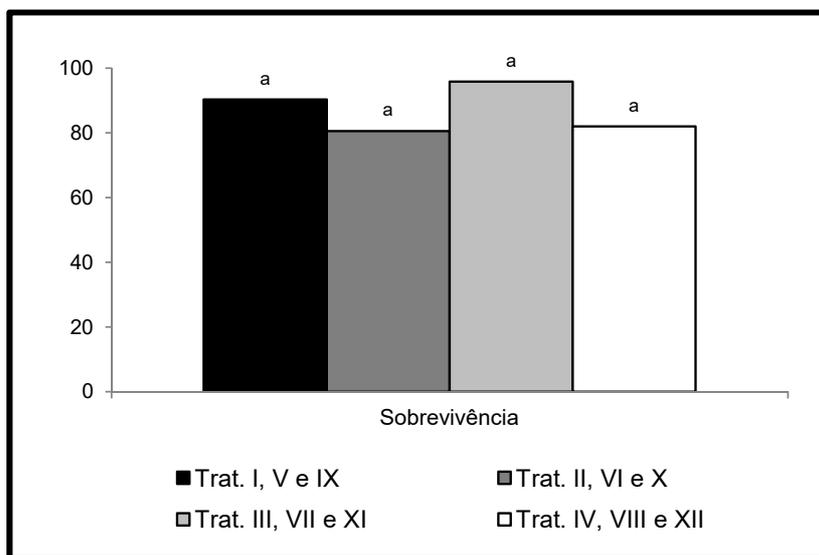
Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

A média de sobrevivência em todos os grupos de tratamentos ficou acima de 80%, sendo que no tratamento onde as lagostas foram alimentadas com mexilhão a sobrevivência foi de 95,83%, a maior entre todas as outras. A menor sobrevivência foi observada nos tratamentos onde os animais foram alimentados com camarão, 80,55%. Apesar da diferença ser superior a 15% entre os tratamentos de menor e de maior sobrevivência, não houve diferença estatística entre eles (Tabela VI; Gráfico 10).

Barclay et al. (2006) compararam seis diferentes dietas, 4 peletizadas com diferentes concentrações de astaxantina e duas com os mexilhões *M. edulis* e *Perna canaliculus* em experimento com juvenis de *P. ornatus* com biomassa média de 18 g, em sistema com fluxo contínuo. Foi obtida sobrevivência que variaram de 78% com incorporação de 81 mg kg⁻¹ astaxantina livre a 94%, com incorporação de 0 e 26 mg kg⁻¹ astaxantina livre, em 12 semanas de cultivo. *P. canaliculus* apresentou maior taxa de crescimento semanal e sobrevivência do que com *M. edulis*, 2,54 e 88%, respectivamente.

Willians et. al. (2005) cultivaram juvenis de *P. ornatus* para estudo sobre preferência de alimento seco ou mexilhão fresco (*P. canaliculus*) de acordo com o tempo de imersão na água, que variou de 0-5 h, o cultivo foi realizado em tanques com capacidade de 350 L com 10 ind./ tanque e suprimento contínuo de água do mar aerada e filtrada (1 L min.⁻¹). Músculo de mexilhão foi o item preferido pelas lagostas em comparação com as dietas secas artificiais e naturais, sendo que o aumento do período de exposição diminuiu a atratividade dos animais pelo alimento.

Gráfico 10 - Valores médios de sobrevivência (%), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

Tabela VI - Valores médios e desvio padrão da biomassa média inicial e final (**g**), taxa de aumento de biomassa (**%**), comprimento total médio inicial e final (**mm**), taxa de crescimento (**%**) e sobrevivência (**%**), para análise comparativa dos tratamentos realizados no cultivo.

Variáveis	Tratamentos I, V e IX	Tratamentos II, VI e X	Tratamentos III, VII e XI	Tratamentos IV, VIII e XII
Biomassa inicial*	4,85±0,25 ^a	4,89±0,17 ^a	5,01±0,13 ^a	4,57±0,30 ^a
Biomassa final**	5,73±0,55 ^a	5,73±0,23 ^a	5,95±0,34 ^a	5,65±0,26 ^a
Taxa aum. biom.*	18,06±5,63 ^a	17,27±5,95 ^a	18,61±5,76 ^a	23,84±3,34 ^a
Comp. inicial*	49,51±1,04 ^a	49,69±0,46 ^a	49,76±0,71 ^a	48,53±1,09 ^a
Comp. final*	51,33±1,41 ^a	51,02±0,76 ^a	51,40±0,30 ^a	50,78±0,51 ^a
Taxa de crescim.*	3,65±0,80 ^a	2,69±1,82 ^a	3,32±1,99 ^a	4,66±1,58 ^a
Sobrevivência**	90,28±8,67 ^a	80,55±13,39 ^a	95,83±7,22 ^a	81,94±12,73 ^a

Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

* ANOVA - As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$), para o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

Smith et al. (2003) em cultivo de juvenis de *P. ornatus*, com fluxo contínuo de 500 mL min.⁻¹, indivíduos de biomassa entre 1-4 g, realizaram experimento para desenvolvimento de dieta com pelets, sendo testados no experimento diferentes níveis de lipídios e proteína. O experimento durou 12 semanas, com 9 a 10 ind./ tanque, com capacidade de 350 L. A taxa de crescimento variou de 7 a 68% e sobrevivência de 50 a 100%, os melhores valores foram obtidos para o tratamento alimentado com ração comercial para *Marsupenaeus japonicus*.

Waddington e MacArthur (2008) realizaram estudos com juvenis de *Panulirus cygnus* com comprimento de cefalotórax entre 54,6 e 61,1 mm durante 17 semanas em sistema com fluxo contínuo e renovação de água de 72 L h⁻¹, para experimentos de qualidade da dieta e local no músculo onde há a incorporação da dieta nas lagostas. Este estudo destaca a complexidade da seleção consumidor - presa em pesquisas de trofodinâmica. Esta relação é influenciada por fatores tais como o modo de excreção,

grupo taxonômico, condição nutricional, taxa de respiração, o tipo de tecido e a qualidade do alimento. Justifica-se pelo que declararam Anbarasu, Kirubagaran e Vinithkumar (2012) sobre o hábito das lagostas, as quais são carnívoras e aceitam uma ampla variedade de alimentos, no entanto são muitas vezes reportadas como seletivas na escolha do alimento.

3.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ORGANISMOS CULTIVADOS

A análise comparativa entre as amostras de músculo das lagostas cultivadas individualmente, não apresentaram diferença estatística, entre si, com relação a valores de extrato etéreo e cinzas, com extrato etéreo obtendo um valor médio entre os tratamentos de 0,43%, com maior média de 0,53% obtida nos tratamentos alimentados com camarão e a menor média 0,33%, nos tratamentos alimentados com os três tipos de alimento. Para cinzas os tratamentos que alcançaram o maior valor foram os tratamentos alimentados com *Artemia* com 2,44%, enquanto o menor valor médio foi de 2,11%, obtido alcançado nos tratamentos alimentados com camarão. A não diferença estatística indica que, com relação a extrato etéreo e cinzas, não houve influencia da alimentação ministrada, nos quatro diferentes grupos de tratamentos realizados (Gráfico 11; Tabela VII).

Com relação à proteína, o grupo de tratamentos alimentado com camarão alcançou a maior média com 17,09% diferindo estatisticamente do grupo com menor valor médio, que foi nos tratamentos alimentados com mexilhão com média de 14,66%. Isto indica que a alimentação com camarão, prover mais proteína para as lagostas que o mexilhão, permitindo, assim, maior incorporação.

A umidade foi diferente estatisticamente entre todos os grupos de tratamentos, apesar da proximidade dos valores médios entre os grupos, pois a variação entre o maior e menor valor médio foi de apenas de 2,46%, com a maior umidade sendo medida nos tratamentos alimentados com mexilhão, 82,04%.

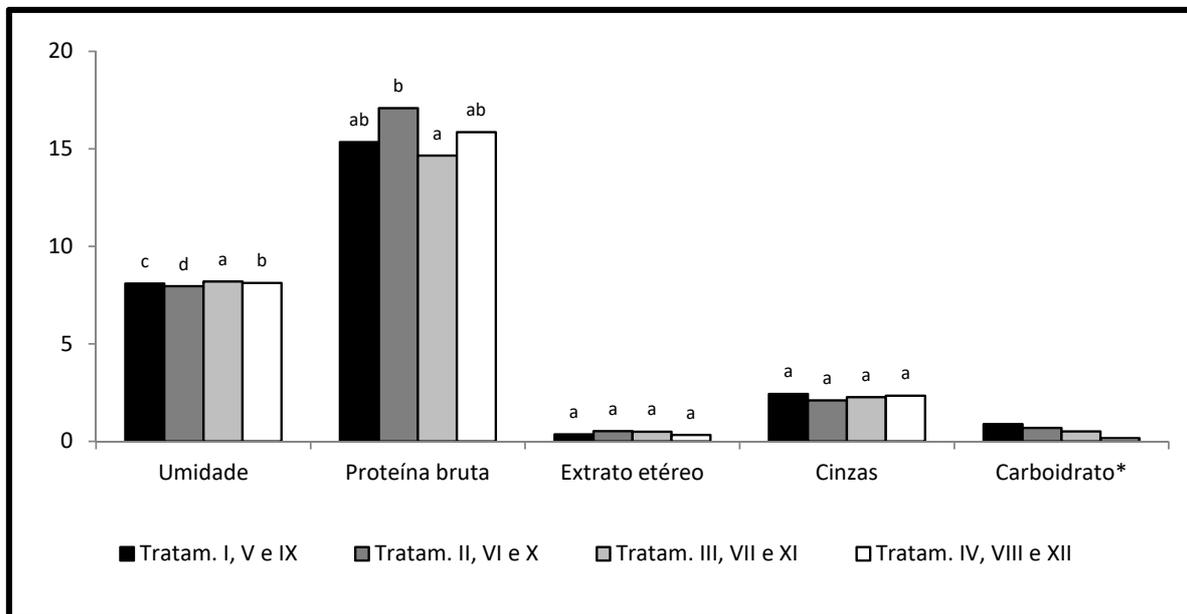
Karakoltsidis, Zotos e Constantinides (1995) analisaram a composição centesimal da carne de lagosta, *Nephrops norvegicus* capturados no mar Mediterrâneo nos períodos de primavera, outono e inverno, sendo encontrado, respectivamente, os seguintes valores médios: 78, 80 e 79,% de umidade, 19,0, 17,0 e 17,0% de proteína total, 0,2, 0,5 e 0,2% de lipídeos totais; 2,0, 2,0 e 1,0% de cinzas e 0,8, 0,3 e 3,0% para carboidrato.

Para carboidrato nesta pesquisa os valores variaram de 0,89 a 0,16, valores bem inferiores ao encontrado por Karakoltsidis, Zotos e Constantinides (1995) para *N. norvegicus* no período de inverno.

Para Perera et al. (2005) as proteínas são necessárias para crescimento e manutenção, sendo os componentes mais caros em uma dieta. Desta forma, a seleção de fontes proteicas de elevado valor nutricional é uma peça chave no desenvolvimento de dietas para o crescimento de lagostas espinhosas. De acordo com Williams (2007) espécies de lagostas têm diferentes necessidades dietéticas de proteínas e lipídeos e, portanto, podem exigir alimentos dirigidos, especificamente, para cada espécie. Já Maldonado-Montiel; Rodriguez-Canché (2005) relataram que existe a necessidade de uma fonte de proteína externa para os indivíduos coletados no ambiente natural, e que esta irá refletir no valor proteico destes organismos. Pedrosa e Cozzolino (2001) analisaram a composição centesimal do músculo de lagostas da espécie *P. argus* oriundas do ambiente natural e verificaram que os valores de umidade, proteínas, estrato etéreo e cinzas foram, respectivamente de 76,26, 21,38, 0,66 e 1,57%, apresentando valores de proteína e estrato etéreo superiores as médias de todos os grupos de tratamentos realizados nesta pesquisa.

Deve-se destacar o que afirmaram Ogawa e Maia (1999) com relação a proporção desses componentes no pescado, os quais irão depender da espécie, sexo e ciclo biológico do animal analisado, assim como devem ser também considerados fatores ecológicos, tais como: estação do ano, local, abundância de nutrientes, temperatura e salinidade da água.

Gráfico 11 - Valores médios da composição centesimal de umidade (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e cinzas (%) e carboidrato (%), do músculo de juvenis de lagostas da espécie *Panulirus argus*, em sistema de cultivo individual, para análise comparativa dos tratamentos com manejo de alimentos, realizados no cultivo.



Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

* Determinação feita por diferença, não sendo realizada análise para determinação, exclusiva, deste constituinte.

Observação: os valores de **umidade** foram divididos **10**, para melhor apresentação no gráfico.

Tabela VII - Valores médios da composição centesimal de umidade (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%), cinzas (%) e carboidrato (%), do músculo de juvenis de lagostas da espécie *Panulirus argus*, em sistema de cultivo individual, para análise comparativa dos tratamentos com manejo de alimentos, realizados no cultivo.

Composição química	Composição centesimal			
	Tratamentos I, V e IX	Tratamentos II, VI e X	Tratamentos III, VII e XI	Tratamentos IV, VIII e XII
Umidade*	80,96±0,04 ^c	79,58±0,11 ^d	82,04±0,04 ^a	81,30±0,03 ^b
Proteína Bruta**	15,35±0,22 ^{ab}	17,09±0,40 ^b	14,66±0,23 ^a	15,86±0,75 ^{ab}
Extrato etéreo**	0,36±0,07 ^a	0,53±0,03 ^a	0,50±0,3 ^a	0,33±0,70 ^a
Cinzas*	2,44±0,15 ^a	2,11±0,02 ^a	2,28±0,03 ^a	2,35±0,08 ^a
Carboidrato ¹	0,89	0,69	0,52	0,16

Legenda: tratamentos I, V e IX – alimentação com *Artemia*; tratamentos II, VI e X – alimentação com camarão; tratamentos III, VII e XI – alimentação utilizando mexilhão; e tratamentos IV, VIII e XII – alimentação com *Artemia*, camarão e mexilhão.

¹ Determinação feita por diferença, não sendo realizada análise para determinação, exclusiva, deste constituinte.

* ANOVA - As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, para o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (P>0,05), para o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

- Na análise comparativa entre as médias dos grupos com diferentes manejos de água, os tratamentos com uso de probiótico obtiveram maior semelhança com a média dos tratamentos sem renovação e sem uso de probiótico, das dez variáveis físicas e químicas da água de cultivo analisadas, em apenas duas foram observadas diferenças estatisticamente significantes, oxigênio dissolvido e nitrito, quando a média destes grupos é comparada com a dos tratamentos com renovação de água, a diferença chega a 50% nos tratamentos com uso de probiótico e 60% com a média dos tratamentos sem renovação de água e uso de probiótico;
- Apesar de não ser diferente estatisticamente, com relação a todas as variáveis analisadas relacionadas ao desempenho zootécnico, o grupo de tratamentos com renovação de água obteve maior taxa de aumento de biomassa e de sobrevivência que os demais, enquanto que os tratamentos com uso de probiótico obtiveram menor média de taxa de crescimento e sobrevivência;
- Na comparação entre os grupos com diferentes manejos de alimentação, com relação às variáveis físicas e químicas da água de cultivo, além de não haver diferença estatística entre as médias, todas as variáveis analisadas ficaram muito próximas, mostrando que o alimento, no manejo aplicado, não influenciou na qualidade da água de cultivo;
- Comparando-se o desempenho zootécnico entre os diferentes manejos de alimentação, apesar de não haver diferença estatística entre eles, o grupo alimentado com *Artemia*, camarão e mexilhão, apresentou as melhores taxas de aumento de biomassa e crescimento, enquanto que o alimentado com mexilhão apresentou maior sobrevivência, já os tratamentos nos quais foi utilizado camarão, apresentaram o menor valor médio em todas estas variáveis;

- Com relação a composição química das lagostas cultivadas, a proteína e extrato etéreo apresentaram maiores valores nos tratamentos alimentados com camarão, sendo que, enquanto não houve, diferença estatística entre os tratamentos, com relação a estrato etéreo, no que diz respeito a proteína, o grupo alimentado com mexilhão, que apresentou a menor média de todos os grupos de tratamentos analisados, diferiu estatisticamente do grupo de maior média, com diferença entre as médias de 2,43%.

REFERÊNCIAS

- ANBARASU, M.; KIRUBAGARAN, R.; VINITHKUMAR, N. V. Diet and eyestalk ablation induced changes in lipid and fatty acid composition of female spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758). **Indian Journal Fish.**, [s.l.], v. 4, n. 59, p.163-168, 2012.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
- BARCLAY, M. C. et al. Comparison of diets for the tropical spiny lobster *Panulirus ornatus*: astaxanthin-supplemented feeds and mussel flesh. **Aquaculture Nutrition**, Cleveland, v. 12, p.117-125, 2006.
- COB, Jair Gaspar Valladárez. **Redoblamiento de la langosta espinosa del Caribe, *Panulirus argus*: Problemas y perspectivas**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciencias del Mar y Limnologia, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos, 2012.
- COX, S. L.; DAVIS, M. An evaluation of potential diets for the culture of *postpueruli* spiny lobsters *Panulirus argus* (Palinuridae). **Aquaculture Nutrition**, Cleveland, v. 15, p.152-159, 2009.
- D'ABRAMO, Louis R.; CASTELL, John D. Research methodology. In: D'ABRAMO, Louis R.; CONKLIN, Douglas E.; AKIYAMA, Dean M. (Ed.). **Crustacean Nutrition**, Cleveland: World Aquaculture Societ, 1997. p. 3-25. (Advances in World Aquaculture).
- BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (Org.). **Plano de Gestão para o uso Sustentável de Lagostas no Brasil: *Panulirus argus* (Latreille, 1817) e *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1804)**. Brasília: IBAMA, 2008. 121 p.
- DRENGSTIG, Asbjørn; BERGHEIM, Asbjørn. Commercial land-based farming of European lobster (*Homarus gammarus* L.) in recirculating aquaculture system (RAS) using a single cage approach. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 53, p.14-18, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.007>.
- FOWLER, P. et al. Microcontrollers in Recirculating Aquaculture Systems. **University of Florida: Florida Cooperative Extension Service**, Florida, n. EES-326, p.1-7, abr. 1994.
- HOLTHUIS, Lipke Bijdeley. **FAO Species Catalogue. Marine Lobsters of the World: An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries know to date**. 125. ed. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 1991. 160 p. (FAO Fisheries Synopsis).
- JEFFS, Andrew; DAVIS, Megan. An assessment of the aquaculture potential of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. In: ANNUAL GULF AND CARIBBEAN FISHERIES INSTITUTE, 54., 2003, **Proceedings...**.Roadtown, Tortola, British Virgin Islands: FAU Institutional Repository, 2003. p. 413-426.

KARAKOLTSIDIS, Pavlos A.; ZOTOS, Anastasios; CONSTANTINIDES, Spiros M. Composition of the commercially important mediterranean finfish, crustaceans and molluscs. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.258-273, 1995.

KEMP, J. O. G.; BRITZ, P. J. The effect of temperature on the growth, survival and food consumption of the east coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 280, p.227-231, 2008.

MALDONADO-MONTIEL, Teresita D.N.J; RODRIGUEZ-CANCHÉ, Leticia G. Biomass production and nutritional value of *Artemia* sp. (Anostraca: Artemiidae) in Campeche, México. **Rev. biol. trop**, San José, v. 53, n. 3-4, p. 447-454, Sept. 2005. Available from <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200013&lng=en&nrm=iso>. access on 04 June 2016.

MUÑOZ-NUÑEZ, D. **The Caribbean Spiny Lobster Fishery in CUBA: An Approach to Sustainable Fishery Management**. Masters of Environmental Management. Nicholas School of the Environment of Duke University. Durhan, North Carolina, 97p., 2009.

OGAWA, Masayoshi; MAIA, Everardo Lima. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Varela, 1999. 430 p.

PEDROSA, Lúcia de Fátima Campos; COZZOLINO, Silvia Maria Franciscato. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal, RN. **Ciênc. Tecno. Aliment.**, Campinas, v. 2, n. 21, p.154-157, maio-agosto. 2001.

PERERA, Erick et al. Evaluation of practical diets for the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804): effects of protein sources on substrate metabolism and digestive proteases. **Aquaculture**, [s.l.], v. 244, n. 1-4, p.251-262, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.022>.

PHILLIPS, Bruce F. et al. *Panulirus* species. In: Phillips, B. F. (Ed.). **Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2013, p. 289-326.

PHILLIPS, Bruce F.; MELVILLE-SMITH, Roy. *Panulirus* species. In: PHILLIPS, Bruce F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p. 359-384.

PHILLIPS, Bruce F; MORGAN, G. R.; AUSTIN, C. M. **Synopsis of Biological data on the Western Rock Lobster *Panulirus cygnus*, 1962**. Rome: Food And Agriculture Organization of the United Nations, 1980. 73 p. (FAO Fisheries Synopsis, N° 128).

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPPOSE, K. K. et al (Ed.). **Handbook on Open Sea Cage Culture**. Calicut: Maya Creative Mind, 2012. p. 96-111.

SMITH, D. M. et al. Development of a pelleted feed for juvenile tropical spiny lobster (*Panulirus ornatus*): response to dietary protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, Cleveland, v. 9, p.231-237, 2003.

SOMOZA, Regla Duthit et al. Lobster (*Panulirus argus*) captures and their relation with environmental variables obtained by orbital sensors for Cuban waters (1997-2005). **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 3, n. 56, p.225-237, 2008.

WADDINGTON, Kris; MACARTHUR, Lachlan. Diet quality and muscle tissue location influence consumer-diet discrimination in captive-reared rock lobsters (*Panulirus cygnus*). **Marine Biology**, [s.l.], v. 154, n. 3, p.569-576, 8 mar. 2008. DOI: 10.1007/s00227-008-0950-y.

WILLIAMS, Kevin C. Water immersion time reduces the preference of juvenile tropical spiny lobster *Panulirus ornatus* for pelleted dry feeds and fresh mussel. **Aquaculture Nutrition**, Cleveland, v. 11, p.415-426, 2005.

WILLIAMS, Kevin C. Nutritional requirements and feeds development for post-larval spiny lobster: A review. **Aquaculture**, [s.l.], v. 263, n. 1-4, p.1-14, mar. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.019>.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall, Upper Sandler River. 2010. 944 p.

CAPITULO V: ENGORDA DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *PANULIRUS ARGUS* (LATREILLE, 1804), EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura vem se desenvolvendo a cada ano, obtendo um crescimento de 75,1% na década passada (2000-2009). Na década atual já houve um incremento de 29,6% na produção, o que equivale a aproximadamente 23 milhões de toneladas, sendo a produção de 2014 pela primeira vez superior a 100 milhões de toneladas (FAO, 2016a).

Neste aspecto, o cultivo comercial de lagostas alcançou uma produção de apenas 948.06 t, porém com um crescimento, se comparada a produção de 2014 em relação a de 2005, de 3.850%, apesar da produção estar estável nos últimos anos. Isto demonstra, que apesar da pequena produção, vêm sendo feitos diversos esforços para o desenvolvimento desta atividade (FAO, 2016a), uma vez que enquanto em torno de noventa países capturam lagostas da família Palinuridae, através da pesca comercial (FAO, 2016b), apenas quatro produzem lagosta através da aquicultura para fins comerciais (FAO, 2016a).

As lagostas da família Palinuridae possuem cinco fases no seu ciclo de vida com relação ao desenvolvimento ontogênico: fase adulta iniciada no primeiro período reprodutivo, desenvolvimento da larva que é denominada filosoma, uma fase pós-larval chamada *puerulus*, uma fase pré-juvenil e juvenil, que vai até a primeira maturação sexual (PHILLIPS; COBB; GEORGE, 1980) e duas fases com relação ao ciclo ecológico: fase larval planctônica chamada filosoma, mais longa, que se desenvolve na água oceânica, e uma fase bentônica, que começa com pós-larva natantes, os *pueruli*, e vai até a fase adulta (BRIONES-FOURZÁN; LOZANO-ÁLVAREZ, 2013).

Esta complexidade no ciclo de vida dificulta a produção de todas as fases destes indivíduos em cativeiro, principalmente a fase larval, que é superior a 200 dias para *P. argus* (GOLDSTEIN et. al., 2008). Mas *puerulus* e/ou pré-juvenis capturados para cultivo em cativeiro, seria uma alternativa para reduzir os danos causados pela sobrepesca (KITAKA; BOOTH, 2000; MILLER; OHS; CRESWELL, 2013). No ambiente, estudos estimam mortalidades dos *pueruli* superiores a 90%, devido principalmente a predação, mostrando que esta alternativa é viável (BUTLER; HERRNKIND, 2000), sendo possível a utilização destes animais sem causar elevados danos ambientais, desde que esta retirada seja monitorada.

Diversos países de todos os continentes realizam pesquisas com lagostas com o objetivo de viabilizar o cultivo para a produção aquícola comercial (PHILLIPS et al., 2013).

Com o aumento da população mundial e, conseqüentemente, pela demanda de alimentos, além da sobrecarga sobre os ecossistemas, com as espécies de importância comercial oriundas da pesca, passando por sobrepesca em seus estoques, a aquicultura utilizando modelos sustentáveis é a solução mais provável para suprir as necessidades das futuras gerações.

O cultivo de lagostas tende a ser uma solução viável, para satisfazer parcial ou totalmente, a demanda mundial por este recurso, que tem seus estoques sobre-explorados. Podendo ser uma ferramenta para produção comercial e/ou reposição dos estoques naturais.

Mas a aquicultura também pode causar problemas de sustentabilidade, caso seja realizada sem preocupação com a conservação ambiental. Por isto, deve-se buscar utilizar metodologias de cultivo que minimizem o uso da água e sua descarga para o ambiente, reduzindo a poluição causada por restos de alimentos e excrementos dos animais cultivados.

Os resíduos metabólicos de animais marinhos incluem amônia, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e compostos orgânicos que podem ser convertidos em amônia. Além disso, as concentrações de bactérias e outros microrganismos patogênicos podem aumentar substancialmente, acima dos níveis ambientais. Remover ou diminuir a toxicidade destes resíduos pode ser bastante complicado e difícil de realizar. Mas se realizado corretamente, a água pode ser recirculada de volta para os tanques de cultivo (HUGUENIN; COLT, 2002).

Os sistemas de recirculação em aquicultura (RAS) são um conjunto de estruturas, que tratam água de qualidade inferior dos tanques de cultivo, e retornam esta mesma água com qualidade, e livre de metabólitos oriundos do cultivo, sem interrupção, não havendo necessidade de liberar ou trazer água do ambiente.

Um sistema de recirculação de água inclui os tanques de cultivo, um sistema de tratamento de água e uma bomba adaptada para transportar a água em torno do sistema. A bomba e o sistema de tratamento de água são os itens que compõem o RAS, que o distingue dos sistemas tradicionais. O sistema de tratamento de água, que é o coração do sistema de recirculação, pode incluir processos biológicos, físicos e químicos, para melhorar a qualidade da água para níveis aceitáveis (LEKANG, 2013a).

Estes sistemas oferecem a vantagem do cultivo em um ambiente controlado, permitindo taxas de crescimento de organismos controladas e períodos definidos para

despesca. RAS tem maior produção por unidade de área e por trabalhador do que qualquer outro sistema de aquicultura. São ambientalmente sustentáveis usando 90-99% menos água e menos que 1% de área do que os sistemas de aquicultura convencionais, para uma mesma produção, além de um tratamento e gestão de resíduos ambientalmente seguros (TIMMONS; EBELING, 2013).

Esta pesquisa teve como objetivo realizar a engorda de lagostas da espécie *P. argus* (Latreille, 1804) em sistema de recirculação.

2 METODOLOGIA

2.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os animais foram capturados manualmente e com auxílio de um puçá, na praia de Aranaú, localidade pertencente ao município de Acaraú no estado do Ceará e transportados até o Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha (BioAqua) da Universidade Federal do Piauí, *Campus* de Parnaíba, onde foi realizado o experimento.

2.2 ACLIMATAÇÃO E DESINFECÇÃO

Após o transporte, os animais foram aclimatados e, posteriormente, passaram por um processo de desinfecção com imersão em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos, e colocados no sistema de recepção de animais.

2.3 FASE DE ADAPTAÇÃO

Antes do início do experimento os animais passaram por uma fase de adaptação ao cativeiro e a alimentação, por 30 dias, com todos recebendo a mesma alimentação.

Segundo D´Abramo e Castell (1997) um período de pré-condicionamento é necessário, pois o histórico alimentar dos indivíduos é desconhecido e presumivelmente diferente. A duração deste período deve ser maior para adultos do que para juvenis que tem crescimento rápido, e maior para os nutrientes que são, preferencialmente, retirados dos alimentos, em relação àqueles que são facilmente metabolizados.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O cultivo foi realizado em sistema de recirculação, sendo utilizadas 120 lagostas, com 20 indivíduos/ tanque, resultando em uma densidade de 13,33 indivíduos m⁻² ou 20 indivíduos m⁻³, em 126 dias de cultivo.

2.5 ALIMENTO E ALIMENTAÇÃO

Os alimentos ministrados foram *Artemia* Leach, 1819, adulta congelada, camarão da espécie *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) congelado e mexilhão da espécie *Perna perna* (Linnaeus, 1758) também congelado.

Foi feita a escolha por alimentos sustentáveis, isto é, sem risco para os animais utilizados. As espécies de camarão e mexilhão são oriundas de cultivo, e a *Artemia* é um crustáceo de fácil criação, podendo ser cultivado para ser utilizado em grandes quantidades.

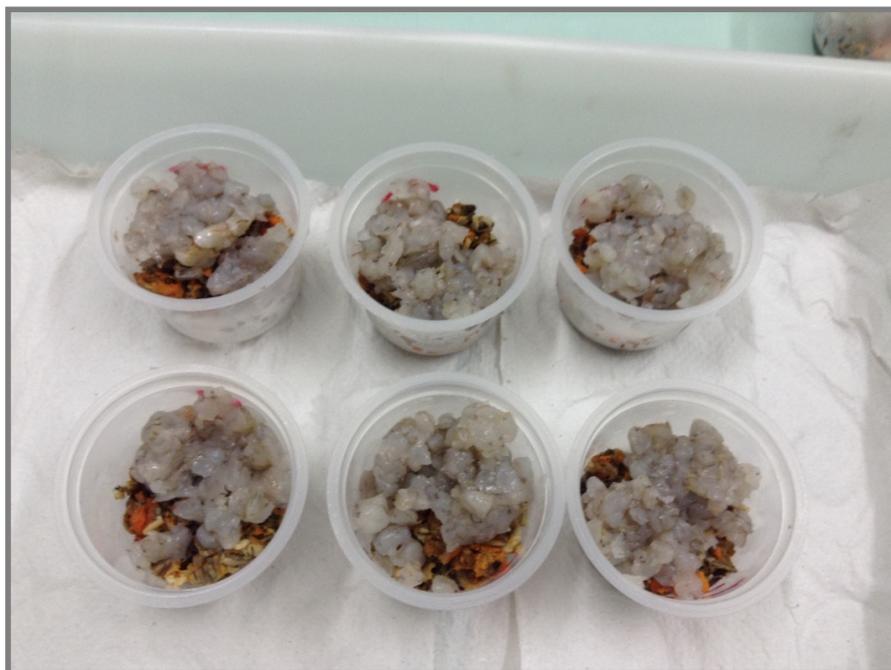
O alimento foi ministrado *ad libitum* duas vezes a cada 24 h (Figura 1). Entre 07-08 h e 19-20 h, quando foram colocados 80% da alimentação para aquele determinado dia, pois as lagostas dão preferência a alimentação no período sem iluminação, noturno. Pela manhã foi colocado os outros 20%, para reduzir o risco de canibalismo, pois as ecdises ocorriam, frequentemente, durante a noite, principalmente no período da madrugada.

A alimentação foi pesada apenas para controle do excesso de alimento em cada tanque, pois intencionalmente o alimento foi ofertado para haver uma sobra, para prevenir o canibalismo, mas quando a sobra era muito excessiva prejudicava a qualidade da água do sistema, então a regulagem do alimento do seguinte foi baseada na pesagem da alimentação do dia anterior.

Deve-se destacar a necessidade de mudança na proporção da alimentação, durante o cultivo, em virtude da redução no consumo, ou sobras de alimento específico, principalmente em função do tamanho reduzido do alimento, em relação ao tamanho dos animais, no caso a *Artemia* (Tabela I).

A alimentação foi ajustada diariamente, pela manhã, de acordo com o excesso ou falta de alimento em cada tanque. A partir do 61^o dia de cultivo o alimento ministrado foi colocado de forma alternada, um horário para cada alimento, que era invertido no dia seguinte (Tabela I).

Figura 1 - Alimentação ministrada com pesagem individual para cada tanque.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

Tabela I - Alimento ministrado com pesagem em separado para cada tanque de cultivo de lagostas.

Período (dias)	<i>Artemia</i> (%)	Camarão (%)	Mexilhão (%)
1-45	33,33	33,33	33,33
45-60	20,00	40,00	40,00
60*<	-	50,00	50,00

* Ao longo do cultivo foi alternando a alimentação com mexilhão e camarão, o alimento que era ministrado pela manhã, não era colocado no período noturno, isto a partir do 61^o dia de cultivo.

2.6 CONTROLE BIOMÉTRICO

O controle biométrico, peso e comprimento, foram realizados individualmente. Cada animal possuía uma marcação que foi recolocada a cada ecdise (Figura 2).

Figura 2 - Lagosta com marcação na base da antena.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR

Quando a lagosta realizava a ecdise, era separada das demais, pois estava com o exoesqueleto muito mole para ser manuseada, então após 24 h, era marcada e recolocada novamente no seu tanque de origem. Quando ocorria a ecdise de 2 ou mais lagostas, no mesmo tanque, em um dia, estas foram marcadas se baseando nos dados biométricos anteriores.

Foi realizada a medição do cefalotórax e do comprimento total, para se obter o tamanho da cauda.

O peso foi obtido por meio de uma balança da marca Gehaka™ com precisão de 0,01 g (Figura 3A) e as medições de tamanho foram realizadas com paquímetro digital da marca Vonder™, com precisão de 0,01 mm (Figura 3B).

Figura 3 - Equipamentos utilizados na biometria: **(A)** Balança com precisão de 0,01 g; e **(B)** Paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7 SISTEMA DE CULTIVO

2.7.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de cultivo utilizado foi o de recirculação, composto por 6 tanques de cultivo de lagostas, destes a água saiu através de uma tubulação de diâmetro de 0,5" e foi para o tubo principal do dreno com 1" de diâmetro. Do tubo principal a água seguiu para o tanque de bombas, deste tanque a água foi bombeada para os filtros com areia, então a água foi para os filtros com cartucho microporo, posteriormente, seguiu para o fracionador de espuma. Após o *skimmer*, a água foi para o filtro biológico. Do filtro biológico a água foi direcionada para o tanque de cultivo de macroalgas. Em seguida a água passou para o sistema ultravioleta. Posterior ao sistema UV, através da tubulação principal de 1" e individual de 0,5", a água retornou aos tanques de cultivo de lagostas. A vazão do sistema foi em torno de $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

A aeração foi feita, individualmente, em cada tanque de cultivo de lagostas, e no filtro biológico.

2.7.2 COMPONENTES DO SISTEMA

2.7.2.1 TANQUES DE CULTIVO

Os tanques de cultivo tem capacidade de 1.000 L, cada, feitos de polietileno, com profundidade de 0,67 m e diâmetro no fundo de 1,5 m² (Figura 4).

Cada tanque possuía quinze abrigos, feitos em PVC, com cada abrigo possuindo duas estruturas de tamanhos diferentes. Um para os animais quando estiverem menores, com 88 mm de comprimento e com diâmetro de 40 mm de um lado e 50 mm no outro. O abrigo para os animais quando com maior tamanho, tem 100 mm de diâmetro e 150 mm de comprimento.

Figura 4 - Tanques de cultivo utilizados com 15 abrigos em cada tanque.

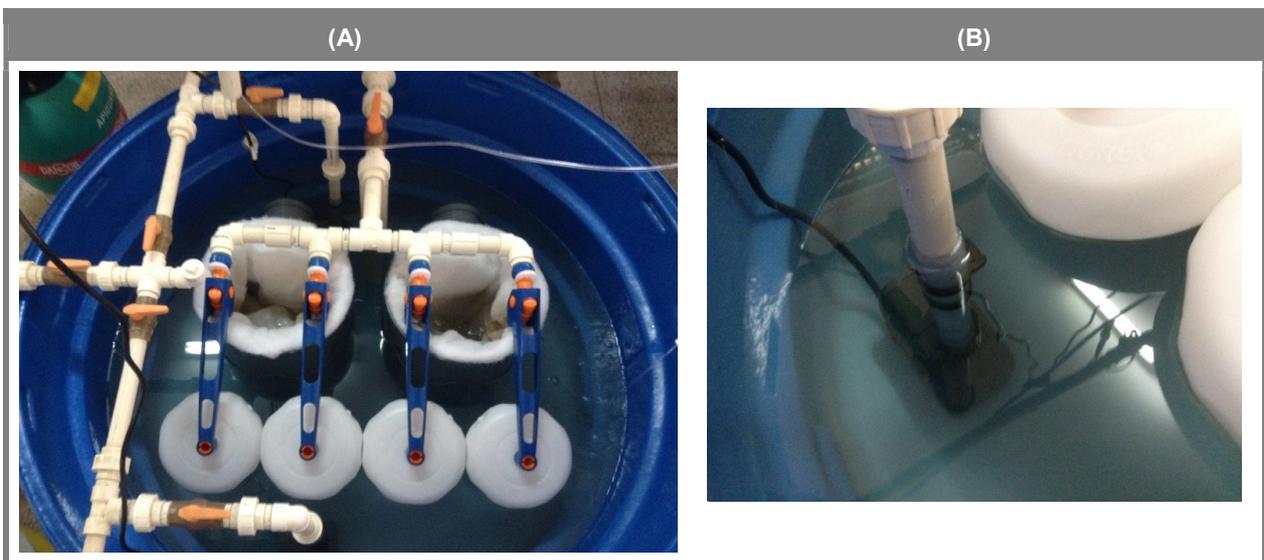


Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.2 TANQUE DE BOMBAS

O tanque de bombas foi confeccionado em polietileno e possui capacidade de 500 L e foi onde se realizou a primeira filtração da água de cultivo, com manta acrílica, onde foram retidos os sólidos com tamanho superior a 100 μm . No tanque existem duas bombas da marca Eheim™, com vazão máxima de 5 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$, cada (Figura 5).

Figura 5 - Tanque de bombas onde a água passa pela primeira filtração realizada com manta acrílica, possuindo duas bombas: **(A)** Vista geral do tanque de bombas; e **(B)** Detalhe da bomba.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.3 FILTROS COM ELEMENTO FILTRANTE AREIA

Neste sistema foram instalados três filtros com areia (Dancor™) com vazão de $2,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ cada (Figura 6), nestes filtros, são retirados os sólidos em suspensão com tamanho entre $40\text{-}100 \mu\text{m}$.

Figura 6 - Filtros com areia e vazão de $2,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, cada.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.4 FILTROS COM CARTUCHO MICROPORO

O sistema tem quatro destes filtros (3M™) com elemento filtrante com cartucho microporo (Figura 7), os quais são utilizados para uma filtragem mais seletiva, possuem vazão de $1,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e, com capacidade de reter partículas de até $5 \mu\text{m}$.

Figura 7 - Filtros com cartucho microporo e vazão de $1,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, cada.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.5 FRACIONADOR DE ESPUMA – SKIMMER

No fracionador foi onde foram retiradas as menores partículas, os sólidos dissolvidos como carboidratos, proteínas, aminoácidos e lipídios. Basicamente o processo de funcionamento ocorre quando é injetado ar e este se mistura a água formando bolhas, e nestas ficam aderidos os compostos indesejados, que são retirados com a formação da espuma.

Segundo Lekang (2013b) o processo básico realizado no fracionador chama-se a separação adsorptiva pela bolha (ABS): os processos físicos e químicos que ocorrem na interface gás-líquido removem as impurezas da água.

2.7.2.6 FILTRO BIOLÓGICO

No filtro biológico ocorreu a retirada da amônia e nitrito. O tanque foi desenvolvido em polietileno com 310 L de capacidade, que tem como estruturas de fixação (substrato), material reciclável, 20.000 tampas de garrafa PET, com área média total de, aproximadamente, 80 m² de substrato (Figura 8).

Figura 8 - Filtro biológico: **(A)** Detalhe da estrutura do filtro; e **(B)** Modelo de tampa de garrafa PET utilizado como meio para fixação das bactérias.

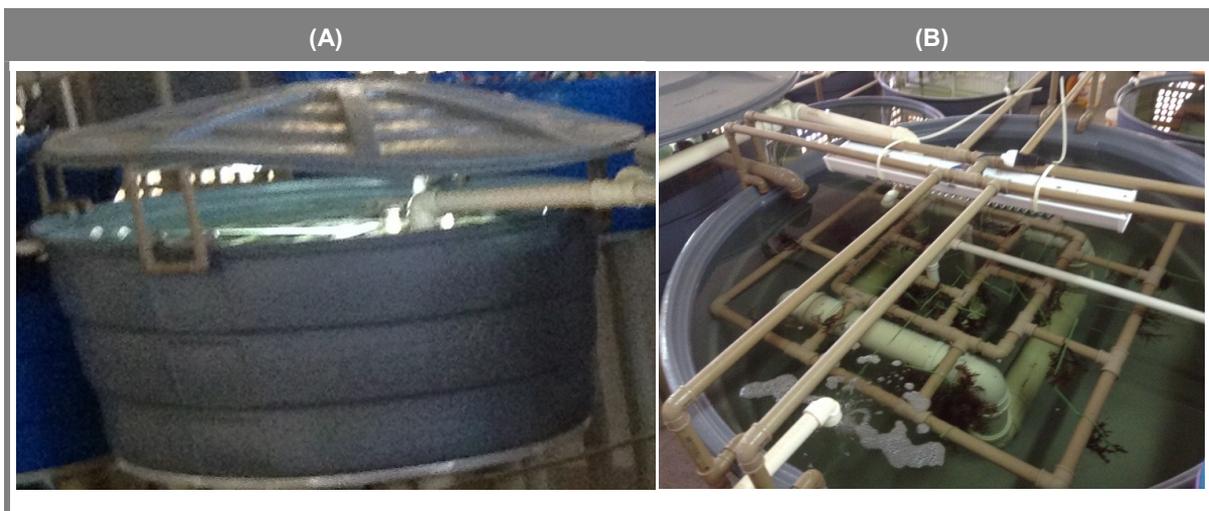


Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.7 TANQUE DE CULTIVO DE MACROALGAS

O tanque de cultivo de macroalgas foi feito em polietileno com capacidade de 1.000 L de água (Figura 6). A função deste tanque foi retirar, principalmente, a amônia, o nitrato, o CO₂ e o fosfato do sistema. O tanque possui iluminação constante, com quatro lâmpadas fluorescentes de 18 watts cada (Figura 9).

Figura 9 - Tanque de cultivo de macroalgas com capacidade de 1.000 L de água: **(A)** Vista externa; e **(B)** Vista interna.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.8 SISTEMA ULTRAVIOLETA

O sistema UV foi composto por dois reatores ultravioleta (Tetrapond™) de 18 watts cada (Figura 10), foi utilizado para eliminação de esporos, bactérias e vírus, do sistema de cultivo, pois no sistema de recirculação há a tendência de ocorrer um aumento no número de microrganismos, que é controlado através do sistema UV.

Figura 10 - Sistema UV composto por dois ultravioletas de 18 watts, cada.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.2.9 SISTEMA DE AERAÇÃO

O sistema de aeração foi constituído por um mini-compressor eletromagnético da marca Boyu™ com capacidade de 50 L min^{-1} , para cada sistema de recirculação. A tubulação central de aeração, mangueiras de 0,5", é distribuída pelo sistema através de uma estrutura em PVC soldável com 50 mm de diâmetro, que conduzem o ar até próximo aos tanques de cultivo para ser distribuído. Destas mangueiras, o ar do mini-compressor é conduzido para cada tanque de cultivo por mangueiras de 1/8", diâmetro interno, e dividido em: aeração com pedra de aeração e *air-lift*.

2.7.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA

A cada 24 h, na fase de luz, os tanques de cultivo de lagostas do sistema de recirculação foram sifonados, para retirada do resto de alimento e fezes.

Semanalmente, os filtros com areia foram retrolavados e os cartuchos microporo trocados, sendo previamente lavados e desinfetados. A manta acrílica, localizada no tanque de bombas, foi trocada mensalmente.

Também foi observado o volume de ar em cada tanque de cultivo, e partes do sistema de aeração, como pedras porosas e divisores de ar, foram trocados quando necessário.

Outra medida tomada foi a colocação de água doce pré-filtrada para manutenção da salinidade, quando esta excedia o valor de 35‰.

2.7.4 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Foi realizado o monitoramento de variáveis físicas e químicas da água: condutividade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, amônia total, nitrito, alcalinidade, dureza e fosfato.

Diariamente foi medido pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), utilizando-se uma sonda multiparâmetros YSI™ Professional Plus (Figura 6A), nos tanques de cultivo, tanque de bombas, filtro biológico, tanque de cultivo de macroalgas e no tanque do sistema ultravioleta.

Semanalmente foi mensurado amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}), alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e fosfato (mg L^{-1}), com um fotômetro YSI™ EcoSense 9.500, de cada tratamento (Figura 6B).

O fotoperíodo utilizado foi de 14 h de luz a cada 24 h, semelhante ao utilizado por Cox e Davis (2009).

Figura 11 - Equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água: **(A)** Sonda multiparâmetros; e **(B)** Fotômetro.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

As variáveis físicas e químicas da água de cultivo, sistema de recirculação, foram mensuradas em diferentes partes de sistema.

A temperatura média ficou por volta de 27°C, apresentando maiores médias no filtro biológico, com 27,4°C, menores no tanque de bombas, que recebe a água dos tanques de cultivo, 0,28°C abaixo, com 27,12°C. Isto é devido a influência da passagem da água pelas bombas, pois depois do tanque de bombas a água é impulsionada para os filtros mecânicos, com areia e cartucho de polipropileno, e para o fracionador de espuma que é fechado e posteriormente ao filtro biológico, primeiro componente do sistema onde a temperatura é mensurada depois das bombas (Tabela II; Gráfico 1).

Lellis e Russel (2010) avaliaram o efeito da temperatura sobre a sobrevivência, crescimento e ingestão de alimento em pré-juvenis de *P. argus*, e verificaram que a uma temperatura de 27°C os pré-juvenis tiveram um ganho de peso corporal de 2,42% ao dia. Quando as lagostas foram cultivadas a 30°C a taxa de ganho corporal aumentou para 2,89%, ou seja, as lagostas cresceram 19% mais rápido com a temperatura mais elevada.

A salinidade foi praticamente a mesma em todo o sistema, com diferença de apenas 0,02‰ entre as médias, tendo maior valor no filtro biológico com 33,70‰, devido a aeração com menor volume que os tanques de cultivo, e o menor valor no tanque de cultivo de macroalgas e tanque do sistema ultravioleta com 33,68‰ (Tabela II; Gráfico 1). De acordo com Radhakrishnan (2012), a temperatura ideal para espécies tropicais deve ficar entre 25-30°C, e a salinidade no intervalo de 30-38‰ para lagostas espinhosas. Destaca-se que a temperatura e a salinidade observadas durante o cultivo, em todos os pontos do sistema, ficaram dentro deste intervalo.

A condutividade, como a temperatura e a salinidade, também teve maior valor médio no filtro biológico com 53.371,78 $\mu\text{S cm}^{-1}$, sendo influenciada, principalmente pela salinidade. Geralmente a maior condutividade é a do componente do sistema com maior salinidade, porém, no sistema de recirculação, a composição da água pode mudar ao longo do sistema, influenciando nesta relação (Tabela II; Gráfico 1).

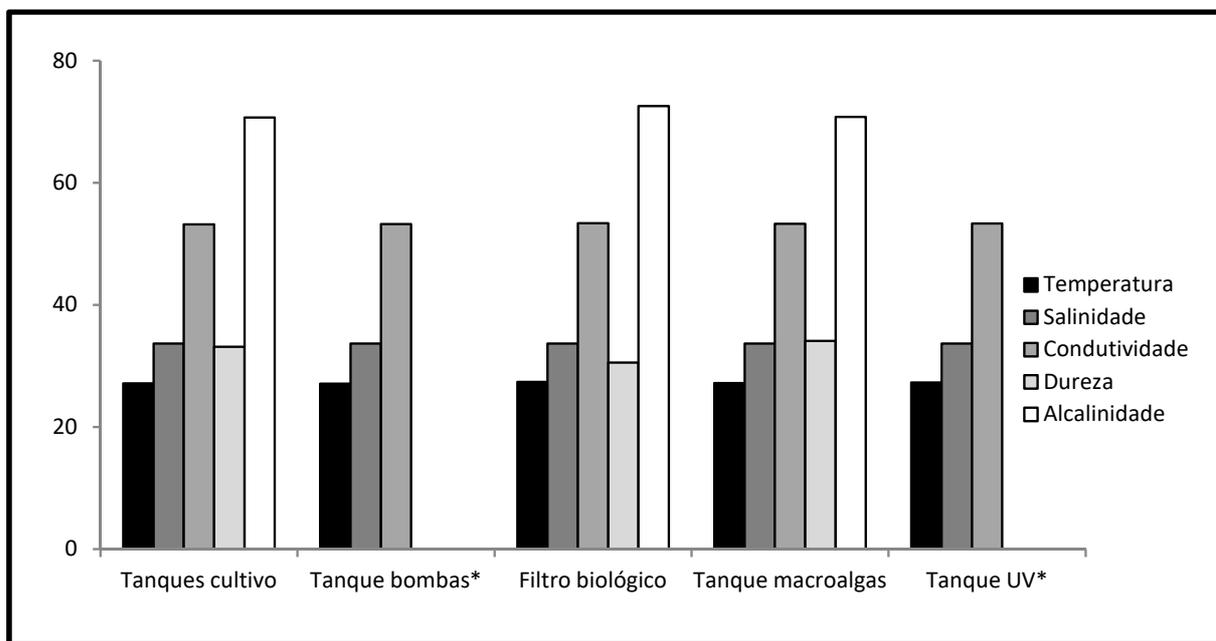
A dureza total e a alcalinidade foram mensuradas apenas no filtro biológico, tanque de cultivo de macroalgas e tanques de cultivo, pois são os locais onde pode haver maior variação nos seus valores. A alcalinidade também foi superior no filtro biológico com 72,60 mg L^{-1} de CaCO_3 , diferença muito pequena com relação a menor média

observada nos tanques de cultivo com $70,69 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 , já a dureza total foi maior no tanque de cultivo de macroalgas com $341,13 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 , em torno de 11% maior que a menor média que foi obtida no filtro biológico (Tabela II; Gráfico 1).

Radhakrishnan (2012) afirmou que a dureza total deve ficar entre 100-200 ppm (mg L^{-1}) na água marinha para cultivo de lagostas espinhosas, sendo que o menor valor médio observado foi superior a este valor. Portanto, a média de todos os pontos analisados no sistema de recirculação ficou acima do intervalo, não interferindo no processo de ecdise e crescimento. Caso contrário, poderia haver dificuldade na formação do novo exoesqueleto, podendo causar a morte do animal durante este processo, o que não foi observado ao longo do cultivo.

Segundo van Rijn, Tal e Schreier (2006) a diminuição da alcalinidade também pode ser observada em sistemas de cultivo com recirculação de água, em função de intensos processos de nitrificação o qual tem influência direta na redução do pH da água de cultivo. Considerando que condições de acidez da água têm um impacto significativo no desempenho do filtro biológico, compostos para correção da alcalinidade e do pH, como o bicarbonato de sódio são utilizados rotineiramente. Reposições semanais com bicarbonato de sódio, para correção da alcalinidade, e carbonato de cálcio para corrigir a dureza, foram realizadas com o intuito de manter as concentrações estáveis evitando, assim, uma queda brusca dos valores destas variáveis, e que esta queda prejudique as funções fisiológicas das lagostas, como por exemplo, o processo de ecdise, na formação de um novo exoesqueleto.

Gráfico 1 - Valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), nos diferentes componentes do sistema de recirculação.



* No tanque de bombas e tanque do sistema UV não foram realizadas as medições de dureza total e alcalinidade.

Observação: os valores de **condutividade** foram divididos por 1.000 e os de **dureza total** por 10, para melhor apresentação no gráfico.

O valor de oxigênio dissolvido foi o que mais variou ao longo do sistema, com média de $4,19 \text{ mg L}^{-1}$, sendo os tanques de cultivo o local de maior concentração com média de $4,76 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela II; Gráficos 2 e 3). A variação de consumo, sendo elevado em alguns pontos, como os tanques de cultivo e filtro biológico, apesar da inserção de ar nestes locais, provocou, principalmente no filtro biológico, uma diferença na concentração nos diferentes componentes do sistema de recirculação (Gráfico 3).

Conceição et al. (1996) analisaram o consumo de oxigênio e a excreção nitrogenada em juvenis de *P. argus* expostos a um jejum de 7 dias, em sistema de circulação com água do mar, e verificou que o consumo de oxigênio varia diretamente com o peso, sem diferença significativa com a condição nutricional dos indivíduos. Segundo Radhakrishnan (2012) o estresse relacionado à falta de oxigênio pode afetar adversamente o crescimento das lagostas de forma significativa, pois ao contrário dos camarões as lagostas são organismos conformistas com relação ao oxigênio, e podem não mostrar nenhum sintoma às baixas condições de oxigênio, pois elas são capazes de ajustar o metabolismo, mesmo em condições de nível de oxigênio muito baixa.

O pH ficou com média de 7,47 ao longo de todo o sistema, com variação de apenas de 0,05. (Gráfico 3). Para Radhakrishnan (2012) o pH ideal para cultivo de lagostas tropicais fica no intervalo de 7,8-8,4. Kemp e Britz (2008) em cultivo de *Panulirus homarus rubellus* afirmaram que o pH variou de 7,9-8,1, intervalos estes em torno de 0,5 acima da média, ao longo do sistema, obtida no cultivo de *P. argus* neste trabalho.

O pH, quando foi corrigido, o efeito era observado em todo o sistema, mas a passagem da água, nas estruturas maiores, como os tanques de cultivo, levava um tempo maior para esta mudança do que nas de menor tamanho (Tabela II; Gráficos 2 e 3).

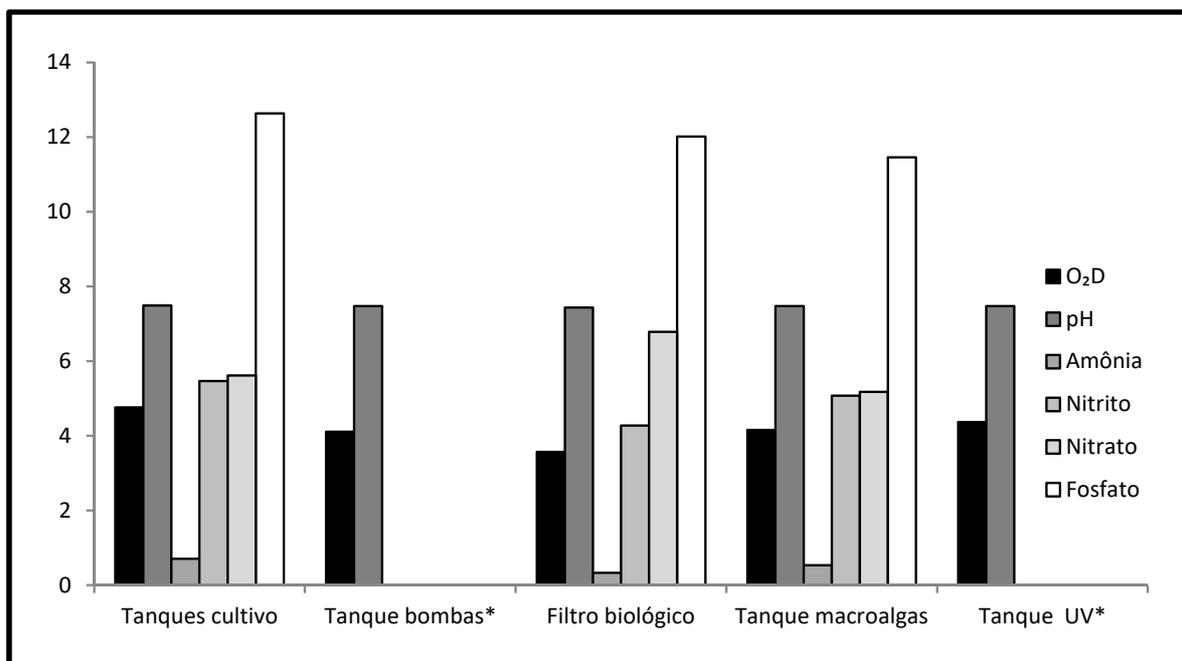
A amônia total e o nitrito, tiveram menores médias no tanque de cultivo com 0,71 mg L⁻¹ e 5,47 mg L⁻¹, respectivamente. Já o nitrato foi menor quando medido no filtro biológico com 6,79 mg L⁻¹, enquanto nos tanques de cultivo de macroalgas e de lagostas ficou acima de 5,0 mg L⁻¹ (Tabela II; Gráficos 2 e 3).

Radhakrishnan (2012) assegurou que a amônia total deve ficar em valores inferiores a 2,0 mg L⁻¹, o nitrito abaixo de 5,0 mg L⁻¹ e o nitrato pode chegar até a 100 mg L⁻¹. Já Kemp e Britz (2008) declararam que mantiveram a amônia total em concentrações abaixo de 0,25 mg L⁻¹.

O fosfato oriundo principalmente da alimentação, variou de 12,64 mg L⁻¹ no tanque de cultivo de lagostas onde ele é originado, por meio da alimentação ministrada, a 11,46 mg L⁻¹, no tanque de cultivo de macroalgas, onde ele é consumido (Tabela II; Gráficos 2 e 3).

Segundo van Rijn, Tal e Schreier (2006) o fósforo é liberado a partir de biomassa bacteriana na fase anaeróbica e é assimilado por estas bactérias, quando em excesso, como polifosfato (poli-P) durante a etapa aeróbia. Assim, a retirada do fósforo do sistema é importante, pois no sistema de recirculação, normalmente, não há regiões com ausência de oxigênio.

Gráfico 2 - Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}) e fosfato (mg L^{-1}), nos diferentes componentes do sistema de recirculação.



* No tanque de bombas e tanque do sistema ultravioleta (UV) não foram realizadas as medições de amônia total, nitrito, nitrato e fosfato.

Apesar de circulação constante, o sistema possui áreas com diferentes características onde há o aumento ou redução de determinadas variáveis, como se observa no gráfico 3. Como os filtros tem função determinada e são dispostos no sistema com o objetivo de aperfeiçoar seu funcionamento, as variáveis físicas e químicas oscilam sua concentração de acordo com a passagem em determinado filtro.

O filtro biológico tem a função de reduzir as concentrações de amônia total e nitrito, resultando em elevado consumo de oxigênio e liberação de H⁺, devido a isto o pH e o oxigênio dissolvido são mais reduzidos neste ponto do sistema (Gráfico 3).

O tanque de cultivo de macroalgas tem a função de retirar, principalmente, o CO₂, o nitrato e o fosfato, além de auxiliar na produção de oxigênio dissolvido. Devido a isto o pH oscila de 7,44 no filtro biológico para 7,48 no tanque de cultivo de macroalgas e o oxigênio dissolvido aumenta de 3,57 para 7,48 mg L^{-1} . O mesmo ocorre com o fosfato que reduz mais de 0,5 mg L^{-1} , quando a água passa pelo tanque de cultivo de macroalgas (Gráfico 3).

Segundo Gutierrez-Wing e Malone (2006) o excesso de nitrato no sistema de recirculação pode resultar em diminuição do crescimento, susceptibilidade a doenças, retardo no desenvolvimento, baixa fertilidade e sobrevivência. Já Marinho-Soriano et al.

(2009) avaliaram a capacidade de biofiltração da espécie *Gracilaria birdiae* em efluentes de fazenda de camarão marinho, e observaram que a espécie absorveu 100% do NO_3^- disponível, o fósforo foi reduzido em 93,5% e a NH_4^+ em 34%.

Gráfico 3 - Evolução dos valores médios de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}) e fósforo (mg L^{-1}), nos tanques de cultivo, filtro biológico e tanque de cultivo de macroalgas.

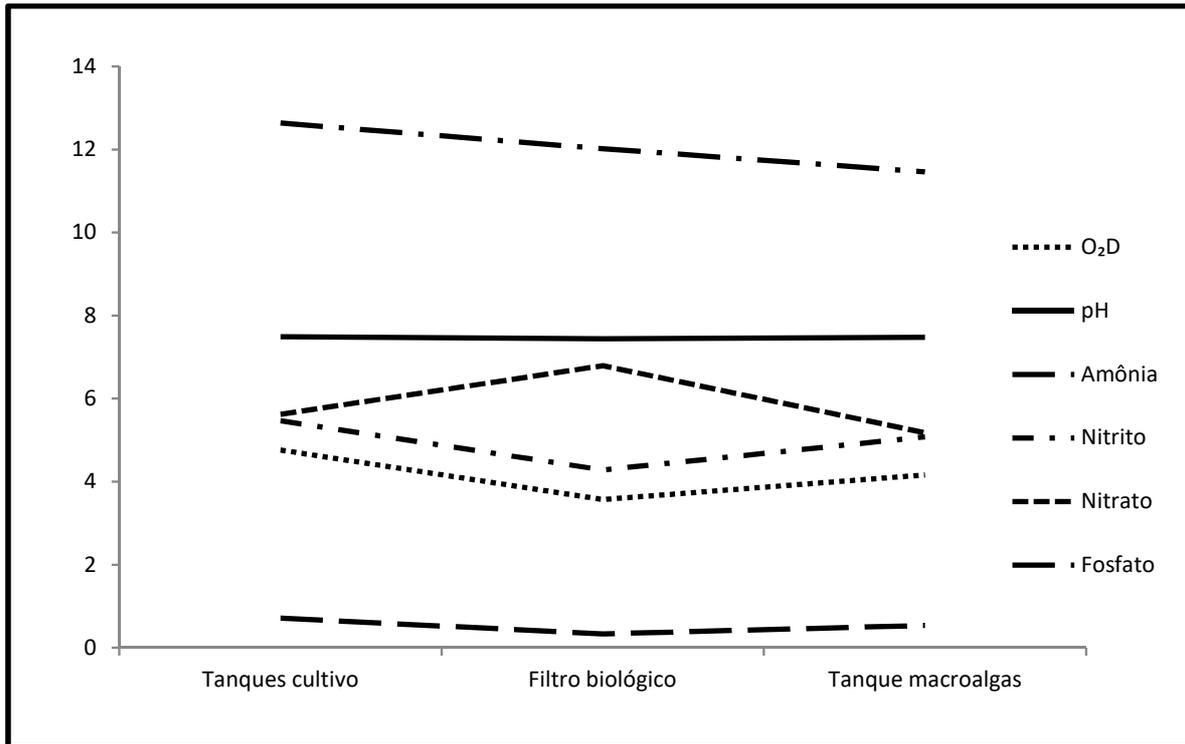


Tabela II - Valores médios e desvio padrão de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}), fosfato (mg L^{-1}), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), nos tanques de cultivo, tanque de bombas, filtro biológico, tanque de cultivo de macroalgas e tanque do sistema ultravioleta (UV).

Variáveis	Tanques cultivo	Tanque Bombas*	Filtro biológico	Tanque macroalgas	Tanque sistema UV*
Temp.	27,15±0,21	27,12±0,32	27,40±0,25	27,20±0,33	27,31±0,26
O ₂ D	4,76±0,51	4,11±0,51	3,57±0,54	4,16±0,33	4,37±0,45
pH	7,49±0,13	7,48±0,12	7,44±0,20	7,48±0,15	7,48±0,14
Salinid.	33,69±1,43	33,69±1,41	33,70±1,37	33,68±1,43	33,68±1,44
Condut.	53.186,17±2.336,90	53.230,72±2.292,81	53.371,78±2.124,91	53.288,63±2.311,23	53.339,68±2.310,53
Amônia	0,71±0,33	-	0,33±0,29	0,54±0,34	-
Nitrito	5,47±3,37	-	4,28±2,94	5,08±4,40	-
Nitrato	5,62±1,50	-	6,79±1,23	5,18±1,74	-
Fosfato	12,64±4,86	-	12,02±4,55	11,46±4,71	-
Dureza	331,42±37,87	-	305,79±25,67	341,13±46,22	-
Alcalin.	70,69±2,93	-	72,60±3,54	70,79±1,58	-

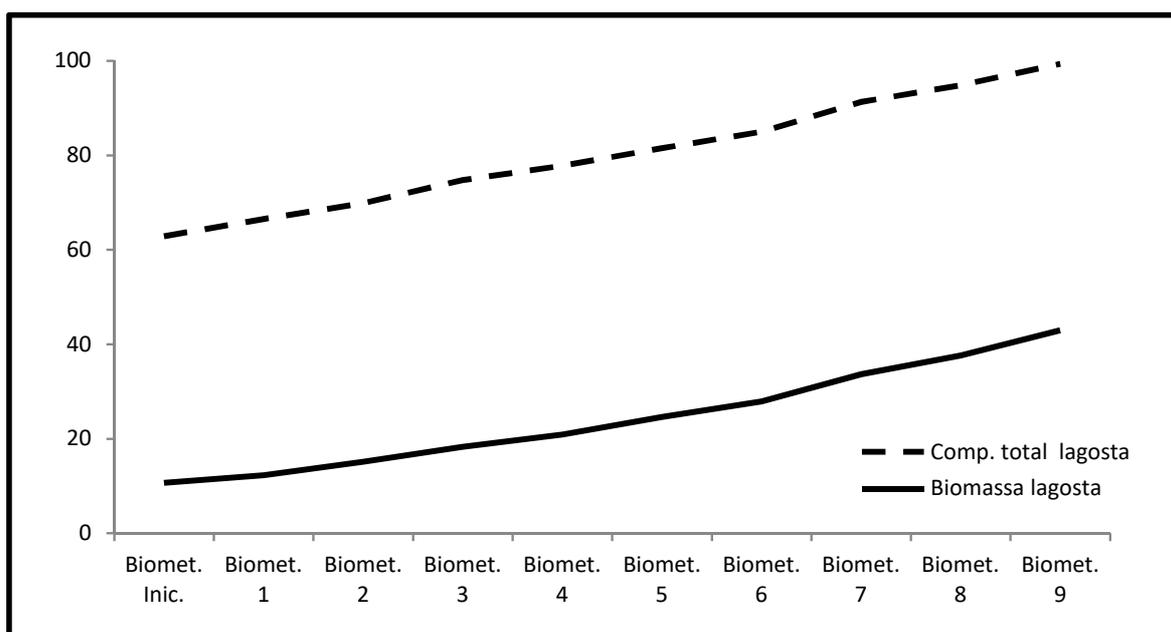
* No tanque de bombas, e tanque do sistema ultravioleta (UV) não foram realizadas as medições de amônia total, nitrito, nitrato, fosfato, dureza total e alcalinidade.

3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

O desempenho zootécnico foi analisado da média dos seis tanques de cultivo, em cada biometria. A biomassa média das lagostas cresceu 302,44%, quando se compara a biometria inicial e a biometria 9, última realizada, variando de 10,67 a 42,94 g, um aumento de 0,26 g ao dia. (Tabela III; Gráfico 4). A taxa de ganho de peso corporal de juvenis de *P. argus*, por dia de cultivo verificado neste estudo foi de 2,4%, similar ao obtido por Lellis e Russel (2010) para pós-larvas de *P. argus* cultivados a temperatura de 27°C, ou seja em condições similares as deste estudo.

O comprimento total médio variou de 62,87 a 99,36 mm, entre a biometria inicial e a última biometria, 126 dias de cultivo, com um aumento de 58,04%, que resulta em um crescimento de 0,46% por dia de cultivo (Tabela III; Gráfico 4).

Gráfico 4 - Valores médios de biomassa das lagostas (g) e comprimento total (mm), individual, em cada biometria.



A proporção média entre o comprimento total e o cefalotórax, o comprimento total e a cauda, e o cefalotórax e a cauda sofreram pouca variação com o aumento do comprimento dos animais como mostra o gráfico 5. Os valores médios da proporção entre o cefalotórax/ comprimento total e a cauda/ comprimento total variaram de 0,34 a 0,36 e 0,54 a 0,56, respectivamente. Já a proporção entre o cefalotórax e a cauda ficou com média de 0,55, nos 126 dias de cultivo (Tabela III; Gráfico 5).

Gráfico 5 - Valores médios, dos juvenis, da proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento da cauda, em cada biometria.

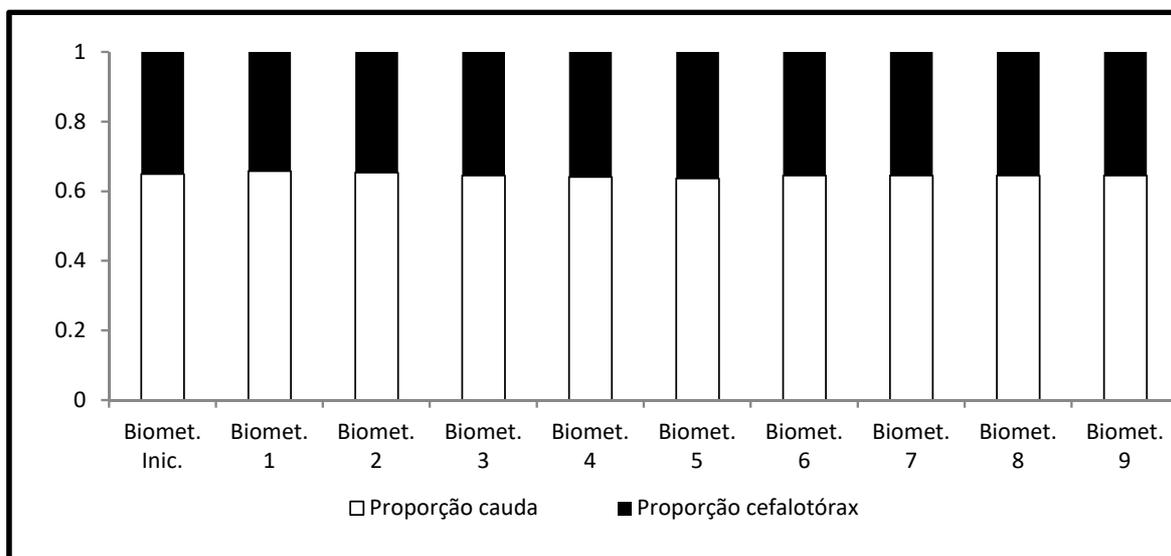


Tabela III - Valores médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à biomassa (g), comprimento total (mm), do cefalotórax (mm) e da cauda* (mm) e proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento total, do comprimento da cauda em relação ao total e do cefalotórax em relação ao da cauda, em cada biometria (BMT).

BMT	Biomassa lagosta	Comprimento			Proporção		
		Total	Cefalotórax	Cauda*	Cefalotórax/total	Cauda/total	Cefalotórax/cauda
0	10,67±0,42	62,87±1,12	22,12±0,79	40,75±0,67	0,35±0,01	0,65±0,01	0,54±0,02
1	12,29±0,47	66,54±0,75	22,77±0,54	43,77±0,49	0,34±0,01	0,66±0,01	0,52±0,01
2	15,16±0,57	69,85±0,94	24,22±0,39	45,63±0,62	0,35±0,00	0,65±0,00	0,53±0,01
3	18,30±0,57	74,77±0,81	26,40±0,37	48,37±0,51	0,35±0,00	0,65±0,00	0,55±0,01
4	20,88±0,85	77,81±1,41	27,82±0,57	49,99±0,88	0,36±0,00	0,64±0,00	0,56±0,01
5	24,64±1,49	81,53±1,37	29,31±0,66	51,77±0,48	0,36±0,01	0,64±0,01	0,57±0,01
6	27,92±1,13	84,98±1,54	30,17±0,39	54,81±1,18	0,36±0,00	0,64±0,00	0,55±0,01
7	33,70±1,91	91,33±2,29	32,48±1,06	58,85±1,31	0,36±0,00	0,64±0,00	0,55±0,01
8	37,62±1,54	94,85±1,54	33,65±0,86	61,21±0,77	0,35±0,00	0,65±0,00	0,55±0,01
9	42,94±1,55	99,36±1,77	35,14±0,91	64,23±1,11	0,35±0,01	0,65±0,01	0,55±0,01

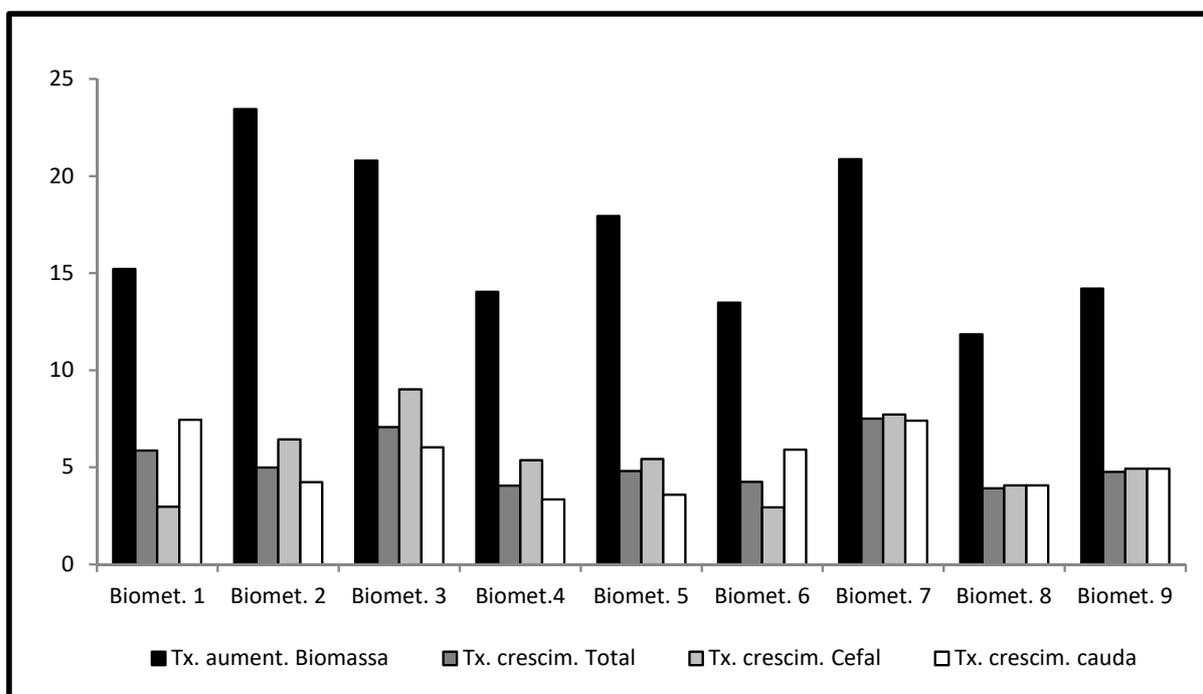
* O comprimento da cauda foi obtido através da diferença entre o comprimento total e do cefalotórax.

A taxa de aumento médio de biomassa, variou de 11,85 a 23,45%, valor obtido na biometria 2, com média de 16,87% ao longo do cultivo. Já a taxa média de crescimento das lagostas ficou em 5,24%, variando de 3,91%, na biometria 8, a 7,51 %, na biometria 7. As médias mensais de taxa de aumento médio de biomassa e taxa média de crescimento das lagostas foram de 36,15% e 11,23%, respectivamente. (Tabela IV; Gráfico 6).

A tendência é que os valores de taxa de aumento de biomassa e taxa de crescimento, reduzam com o aumento do tamanho dos animais, pois os animais tendem a ter, com relação a biomassa e crescimento, maiores valores absolutos e menores valores relativos.

Com relação aos valores médios relacionados a taxa de crescimento médio total variou de 3,91 a 7,51%, ao longo do cultivo, enquanto a taxa de aumento médio de biomassa teve o maior valor na biometria 2 com 23,45%. A taxa de crescimento do cefalotórax teve um crescimento médio de 5,32%, variando de 2,94 a 9,01%, com uma taxa média mensal de 11,40%. Com relação à taxa de crescimento da cauda esta variou de 3,34 a 7,45%, com média de 5,21% e média mensal de 11,17% (Tabela IV; Gráfico 6).

Gráfico 6 - Valores médios, dos juvenis, da taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%), das biometrias 1 a 9.



A sobrevivência média ficou em 100,0%, até a biometria 2, a partir da 3 houve mortalidade até atingir 34,17%, ao final do cultivo, resultando em uma sobrevivência de 65,83% na biometria 9. Todas as mortalidades ocorridas no cultivo foram devido a canibalismo no momento do processo de ecdise (Tabela IV; Gráfico 7).

De acordo com Crear et al. (2000) a utilização de dietas nutricionalmente inadequadas pode levar ao aumento do canibalismo. Destacando que o canibalismo ocorre quase que exclusivamente durante o período de pós-muda, no momento em que as lagostas estão com o exoesqueleto mole e vulneráveis à predação. No entanto, relataram ainda os autores, que quando as lagostas foram alimentadas com uma dieta adequada (moluscos), o canibalismo foi completamente eliminado, através do endurecimento mais rápido do exoesqueleto.

Gráfico 7 - Evolução dos valores médios da sobrevivência (%), das biometrias 1 a 9.

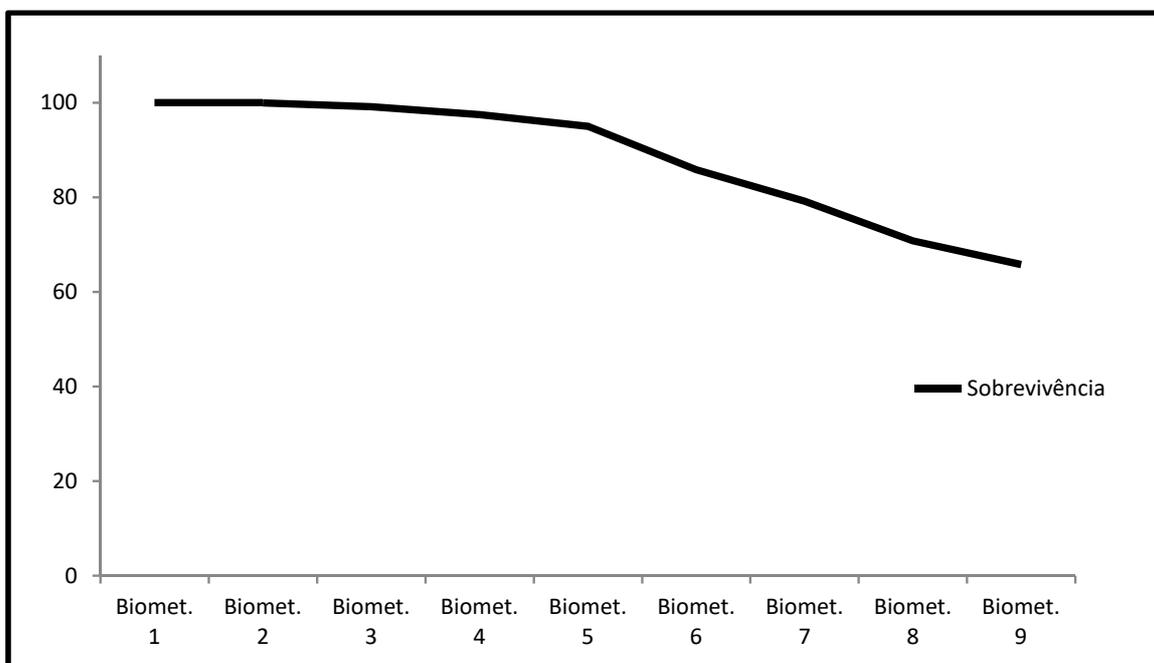


Tabela IV - Dados médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%) e sobrevivência (%), das biometrias (BMT) 1 a 9.

BMT	Taxa aumento biomassa	Taxa crescimento total	Taxa crescimento cefalotórax	Taxa crescimento cauda	Sobrevivência*
1	15,21±6,82	5,86±2,77	2,96±1,91	7,45±3,45	100,00±0,00
2	23,45±10,38	4,98±2,52	6,44±3,26	4,24±2,24	100,00±0,00
3	20,80±8,43	7,07±2,97	9,01±1,34	6,03±2,71	99,17±2,04
4	14,04±5,43	4,05±1,85	5,36±1,42	3,34±1,59	97,50±2,74
5	17,94±7,34	4,80±2,56	5,42±3,05	3,58±2,36	95,00±4,47
6	13,48±6,39	4,25±2,67	2,94±2,34	5,90±3,22	85,83±5,85
7	20,87±11,16	7,51±4,32	7,71±4,15	7,40±4,14	79,17±8,61
8	11,85±7,18	3,91±2,93	3,62±2,59	4,06±3,06	70,83±5,85
9	14,20±5,67	4,76±1,99	4,43±0,70	4,93±2,13	65,83±3,16

* Todas as mortalidades foram devido a canibalismo logo depois da realização da ecdise.

4 CONCLUSÕES

- O sistema de recirculação mostrou ser eficiente com relação à manutenção da qualidade da água, pois foi eficaz, principalmente, no controle dos compostos nitrogenados: amônia, nitrito e nitrato, que se mantiveram em níveis dentro dos parâmetros desejados para as espécies do gênero *Panulirus*, ao longo de 126 dias de cultivo, sem troca de água, apenas com reposição devido à evaporação;
- A biomassa média das lagostas aumentou 302,44%, com um ganho médio de 32,27 g, que resultou em um aumento de 0,26 g ao dia ou, aproximadamente, 8 g por mês, já o crescimento médio teve um aumento de 36,49 mm, em 126 dias de cultivo, ou seja, 58,04%, equivalendo a um ganho diário de 0,29 mm, em torno de 9 mm ao mês, para animais que atingiram 99,36 mm de comprimento total;
- A sobrevivência mostrou-se dentro dos parâmetros aceitáveis para a aquicultura, 65,83%, se comparada a outras espécies cultivadas, em com mesmo tempo de cultivo, mas com a vantagem de utilizar uma área e quantidade de água muito menor, com densidades superiores, já que a densidade média inicial do cultivo foi de 13,33 indivíduos m⁻² ou 20 lagostas m⁻³, e final de 8,78 indivíduos m⁻² ou 13 lagostas m⁻³, com biomassa de 372,15 g m⁻² ou 558,22 g m⁻³, valores semelhantes aos obtidos na carcinicultura, sendo que o preço do quilo da lagosta é bem superior ao do camarão.

REFERÊNCIAS

BRIONES-FOURZÁN, Patricia.; LOZANO-ÁLVAREZ, E. Essential habitats for *Panulirus* spiny lobsters. In: Phillips, B.F. (Ed). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**, Blackwell Publishing, 2 ed., 2013, p. 186-220.

BUTLER, Mark J.; HERRNKIND, William F. *Puerulus* and juvenile ecology. In: PHILLIPS, Bruce F.; KITAKA, Jiro (Ed.). **Spiny Lobster: Fisheries and Culture**. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 276-301. (Fishing News Books).

CONCEIÇÃO, Raimundo Nonato de Lima et al. Bioenergética de juveniles de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804). Efectos del ayuno prolongado. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, n. 30, p.49-53, 1996.

COX, S. L.; DAVIS, M. An evaluation of potential diets for the culture of *postpueruli* spiny lobsters *Panulirus argus* (Palinuridae). **Aquaculture Nutrition**, [s. L.], v. 15, p.152-159, 2009.

CREAR, B. J. et al. Growth of juvenile southern rock lobsters, *Jasus edwardsii*, is influenced by diet and temperature, whilst survival is influenced by diet and tank environment. **Aquaculture**, [S. l.], n. 190, p. 169-182, 2000.

D'ABRAMO, Louis R.; CASTELL, John D. Research methodology. In: D'ABRAMO, Louis R.; CONKLIN, Douglas E.; AKIYAMA, Dean M. (Ed.). **Crustacean Nutrition**. [s. L.]: World Aquaculture Societ, 1997. p. 3-25. (Advances in World Aquaculture).

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>), 2016a. Acesso em: 01/06/2016.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global capture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>), 2016b. Acesso em: 01/06/2016.

GOLDSTEIN, Jason S. et al. The complete development of larval caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in culture. **Journal of Crustacean Biology**, [s. L.], v. 28, n. 2, p.306-327, 2008.

GUTIERREZ-WING, Maria Teresa.; MALONE, Ronald F. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 163-171, 2006.

HUGUENIN, John E.; COLT, John. Water recycling. In: HUGUENIN, John E.; COLT, John (Ed.). **Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier Science, 2002e. p. 201-210. (Developments in aquaculture and fisheries science).

KEMP, J. O. G.; BRITZ, P. J. The effect of temperature on the growth, survival and food consumption of the east coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 280, p.227-231, 2008.

KITAKA, Jiro.; BOOTH, J. D. Prospectus for aquaculture. In: Phillips, B. F.; Kitaka, J. (Ed.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2. ed. Blackwell Publishing, 2000, p. 465-473. (Fishing News Books).

LEKANG, Odd-Ivar. Traditional recirculation and water re-use systems. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-blackwell, 2013a. p. 190-200.

LEKANG, Odd-Ivar. Protein skimming, flotation, coagulation and flocculation. In: LEKANG, Odd-Ivar (Ed.). **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013b. p. 66-98.

LELLIS, William A.; RUSSEL, Julie A. Effect of temperature on survival, growth and feed intake of post larval spiny lobsters, *Panulirus argus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 90, p.1-9, 1990.

MARINHO-SORIANO, E. et al. Nutrients removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. **Biomass And Bioenergy**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.327-331, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.07.002>.

MILLER, Christian L.; OHS, Cortney L.; CRESWELL, R. Leroy. **Candidate Species for Florida Aquaculture: Caribbean Spiny Lobster, *Panulirus argus***. 2013. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA14700.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

PHILLIPS, Bruce. F.; COBB, J. Stanley; GEORGE, R. W. General biology. In: COBB, J. Stanley; PHILLIPS, Bruce. F. (Ed.). **The Biology and Management of Lobsters: volume I: Physiology and behavior**. New York: Academic Press, 1980. p. 1-82.

PHILLIPS, Bruce. F. et al. *Panulirus* species. In: PHILLIPS, Bruce. F. (Ed.). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 289-325.

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPPOSE, K. K. et al (Ed.). **Handbook on Open Sea Cage Culture**. Calicut: Maya Creative Mind, 2012. p. 96-111.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Introduction to recirculating aquaculture technology. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013. p. 1-26.

VAN RIJN, Jaap; TAL, Yossi; SCHREIER, Harold J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.364-376, maio 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.004>.

CAPITULO VI: CULTIVO DE LAGOSTAS DA ESPÉCIE *PANULIRUS ARGUS* (LATREILLE, 1804) UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE ABRIGOS, EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A pesca e a aquicultura têm tomado caminhos diferentes nos últimos anos. A pesca, até 2012, possuía uma produção mundial superior a da aquicultura, em 2,65%, mas a partir de 2013 a produção aquícola ultrapassou a pesqueira em 3,41%, e no último ano de dados de pesca e aquicultura da FAO, em 2014, está diferença percentual já dobrou alcançando 6,86%, com a pesca produzindo 94.645.128,86 t e a aquicultura 101.139.071,90 t (FAO, 2016a e b).

Esta tendência se deve a modernização dos equipamentos de auxílio à pesca que há algumas décadas atrás, provocaram o aumento da sua produção, mas este aumento levou a exploração plena dos estoques pesqueiros que provocou, atualmente, a estabilização na produção com uma variação de apenas 1,02% nos últimos 10 anos, com pequenas oscilações, nos últimos anos. Já a aquicultura vem sendo impulsionada por esta mesma modernidade apresentando um incremento de 74,92% nos últimos 10 anos, que representa um aumento médio anual, neste mesmo período, de 4.331.846,85 t., ao ano (FAO, 2016a e b). Este caminho, estabilização da produção através da pesca e aumento da produção aquícola, é seguida pela grande maioria dos organismos capturados, que tem elevado valor comercial, como a lagosta.

As lagostas são crustáceos da ordem Decapoda que estão classificados em quatro famílias: Nephropidae, Scyllaridae, Synaxiidae e Palinuridae. A esta última família pertence a lagosta comum do Caribe, *P. argus*, que se distribui no Oceano Atlântico desde as costas e ilhas do Brasil até a Carolina do Norte nos Estados Unidos, incluindo as costas da América Central, México, Antilhas e Bermudas (MEINERS-MANDUJANO, 2002).

Como animais gregários, as lagostas encontram-se em seu substrato natural formando agrupamentos e realizam movimentos aleatórios ou tróficos a procura de alimentos e abrigos onde se protegem dos seus predadores. Por possuírem hábito bentônico, as lagostas incluem em sua dieta organismos de vida sedentária, com movimentos lentos e de fácil captura, como: crustáceos, anelídeos, equinodermas e moluscos, elas vivem sobre o substrato, e enfrentam diversos tipos de predadores (BRASIL,

2008). Para sua proteção, em todas as fases do ciclo de vida, posteriores a larval, buscam por abrigo para sua proteção.

Segundo Briones-Fourzán e Lozano-Álvarez (2013) as lagostas são bentônicas tem boa locomoção, mas não constroem seus próprios abrigos na natureza, portanto, eles dependem de habitats estruturados para sua proteção e sobrevivência. Elas são colonizadoras e dependem de um mosaico de diferentes tipos de abrigos, em vez de um único tipo, todos os habitats que resultam em uma contribuição para os indivíduos atingirem a população adulta, podem ser considerados como tendo uma função de berçário.

Afonso e Gruber (2007) afirmaram que no ambiente natural a prevalência de habitat com abrigo adequado para juvenis de lagostas, próximo as macroalgas, que são os primeiros lugares de fixação (fase *puerulus*), aumenta a sobrevivência destes organismos, melhorando, assim, o recrutamento para a população adulta e conseqüente o tamanho do estoque disponível para cultivo.

Na natureza as macroalgas marinhas e os ambientes recifais são os principais atrativos para servirem de abrigo para as juvenis, quando estas encontram-se próximo à costa. A estrutura corporal das lagostas espinhosas, também favorece sua proteção quando abrigadas, pois possuem duas antenas longas repletas de espinhos que detectam qualquer movimentação na água e quando estão abrigadas, estas geralmente ficam externas aos abrigos e se seguras, por um predador, soltam-se facilmente do cefalotórax.

Além dos problemas inerentes a sobreexploração ocasionados pela pesca da lagosta, a sua produção comercial através da aquicultura, tem esbarrado em uma série de desafios, os quais incluem o desenvolvimento de alimentos atrativos e nutricionalmente completos, controle de doenças e de definição de estruturas para os ambientes de cultivo (GOLDSTEIN; NELSON, 2011).

Sob este aspecto, sistemas de aquicultura têm sido estudados, e segundo Timmons e Ebeling (2013) os sistemas de recirculação para aquicultura, oferecem a vantagem do cultivo em um ambiente totalmente monitorado, permitindo dentre outros aspectos, taxas de crescimento de organismos controladas e manutenção das variáveis ambientais, com uma maior produção em uma menor área.

Considerando as características das espécies de lagosta do gênero *Panulirus*, e a importância do abrigo para sua sobrevivência, nas diferentes fases bentônicas do seu ciclo de vida (*puerulus*, juvenil e adulto), bem como, as vantagens dos sistemas de recirculação, este estudo pretende realizar o cultivo de lagostas da espécie *P. argus* utilizando diferentes tipos de abrigos, em sistema de recirculação, avaliando abrigos com diferentes características para o cultivo.

2 METODOLOGIA

2.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os animais foram capturados manualmente e com auxílio de puçás, na praia de Aranaú, localidade pertencente ao município de Acaraú no estado do Ceará e transportados até o Laboratório de Biotecnologia e Aquicultura Marinha (BioAqua) da Universidade Federal do Piauí, *Campus* de Parnaíba, onde foi realizado o experimento.

2.2 ACLIMATAÇÃO E DESINFECÇÃO

Após o transporte, os animais foram aclimatados e, posteriormente, passaram por um processo de desinfecção com imersão em solução de 100 ppm de iodo por 10 segundos, e colocados no sistema de recepção de animais.

2.3 FASE DE ADAPTAÇÃO

Antes do início do experimento os animais passaram por uma fase de adaptação ao cativeiro, com período de 30 dias, nos quais todos os organismos foram submetidos à mesma dieta.

Segundo D'Abramo e Castell (1997) um período de pré-condicionamento é necessário, pois o histórico alimentar dos indivíduos é desconhecido e presumivelmente diferente. A duração deste período deve ser maior para adultos do que para juvenis que tem crescimento rápido, e maior para os nutrientes que são preferencialmente retirados dos alimentos, em relação àqueles que são facilmente metabolizados.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O cultivo foi realizado em sistema de recirculação, com 120 lagostas, perfazendo 20 indivíduos/ tanque, o qual resulta em uma densidade de 13,33 indivíduos m^{-2} ou 20 indivíduos m^{-3} , em 126 dias de cultivo.

2.5 ALIMENTO E ALIMENTAÇÃO

Os alimentos ministrados foram *Artemia* Leach, 1819, adulta congelada, camarão da espécie *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) congelado e mexilhão da espécie *Perna perna* (Linnaeus, 1758) também congelado.

Foi feita a escolha por alimentos sustentáveis, isto é, sem risco para os animais utilizados. As espécies de camarão e mexilhão são oriundas de cultivo, e a *Artemia* é um crustáceo de fácil criação, podendo ser cultivado para ser utilizado em grandes quantidades.

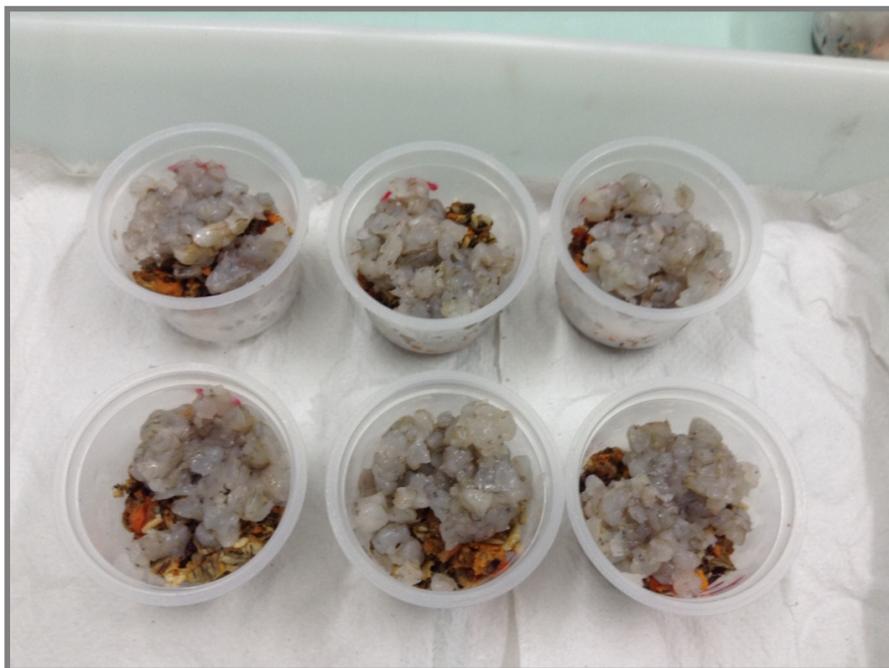
O alimento foi ministrado *ad libitum* duas vezes a cada 24 h (Figura 1). Entre 07-08 h e 19-20 h, quando foram colocados 80% da alimentação para aquele determinado dia, pois as lagostas dão preferência à alimentação no período sem iluminação, noturno. Pela manhã foi colocado os outros 20%, para reduzir o risco de canibalismo, pois as ecdises ocorriam, frequentemente, durante a noite, principalmente no período da madrugada.

A alimentação foi pesada apenas para controle do excesso de alimento em cada tanque, pois intencionalmente o alimento foi ofertado para haver uma sobra, para prevenir o canibalismo, mas quando a sobra era muito excessiva prejudicava a qualidade da água do sistema, então a regulagem do alimento do dia seguinte foi baseada na pesagem da alimentação do dia anterior.

Deve-se destacar a necessidade de mudança na proporção da alimentação, durante o cultivo, em virtude da redução no consumo, ou sobras de alimento específico, principalmente em função do tamanho reduzido do alimento, em relação ao tamanho dos animais, no caso a *Artemia* (Tabela I).

A alimentação foi ajustada diariamente, pela manhã, de acordo com o excesso ou falta de alimento em cada tanque. A partir do 61^o dia de cultivo o alimento ministrado foi colocado de forma alterna, um horário para cada alimento, que era invertido no dia seguinte (Tabela I).

Figura 1 - Alimentação ministrada, com pesagem individual para cada tanque.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

Tabela I - Alimento ministrado com pesagem em separado para cada tanque de cultivo de lagostas.

Dias de cultivo	<i>Artemia</i> (%)	Camarão (%)	Mexilhão (%)
1-45	33,33	33,33	33,33
45-60	20,00	40,00	40,00
60*<	-	50,00	50,00

* Ao longo do cultivo foi alternando a alimentação com mexilhão e camarão, o alimento que era ministrado pela manhã, não era colocado no período noturno, isto a partir do 61^o dia de cultivo.

2.6 CONTROLE BIOMÉTRICO

O acompanhamento biométrico, peso e comprimento, foi realizado individualmente. Cada animal possuía uma marcação que foi recolocada a cada ecdise (Figura 2).

Após a ecdise, ainda pela manhã, os indivíduos foram retirados dos tanques, e colocados em um recipiente de cultivo individual, com aeração, e após 24 h, quando recuperava as condições de rigidez do exoesqueleto, era marcado e recolocado novamente no tanque de origem. Quando ocorria a ecdise de dois ou mais lagostas, no mesmo tanque e dia, estas eram marcadas se baseando pelos dados biométricos anteriores.

Foi realizada a medição do cefalotórax e do comprimento total, e por diferença era obtido o comprimento da cauda.

O peso foi obtido por meio de uma balança semi-analítica (Gehaka™) com precisão de 0,01 g (Figura 3A) e as medições de tamanho foram realizadas com paquímetro digital Vonder™, com precisão de 0,01 mm (Figura 3B).

Figura 2 - Lagostas com marcação na base da antena, com diferentes combinações de coloração.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

Figura 3 - Equipamentos utilizados na biometria: (A) Balança com precisão de 0,01 g; e (B) Paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7 SISTEMA DE CULTIVO

O sistema de cultivo utilizado foi o de recirculação. Sistema este composto por 6 **tanques de cultivo** com capacidade de 1.000 L feitos de polietileno, com profundidade de 0,67 m e área basal de 1,5 m² e sistemas de bombeamento, filtragem e aeração. A vazão do sistema foi em torno de 1 m³ h⁻¹.

2.7.1 SISTEMA DE BOMBEAMENTO

Composto por um **tanque de bombas** que é feito em polietileno e possui capacidade de 500 L, Neste tanque há duas bombas submersas da marca Eheim™ com vazão máxima de 5 m³ h⁻¹ (Figura 4A).

2.7.2 SISTEMA DE FILTRAGEM

A primeira filtragem foi feita no tanque de bombas, onde uma **manta acrílica** (Figura 4A) retém os sólidos com mais de 100 µm. Deste tanque a água foi bombeada para os **filtros com elemento filtrante areia** (Figura 4B), são três filtros da marca Dancor™ com vazão de 2,2 m³ h⁻¹, cada, nestes filtros são retidos os sólidos com tamanho entre 40-100 µm. Posteriormente, a água foi para quatro **filtros com cartucho com microporo** (Figura

4C) da marca 3M™ e vazão de $1,3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, cada, onde são retidos os sólidos com tamanho de até $5 \text{ }\mu\text{m}$. Dos filtros com microporo, a água, seguiu até o *skimmer* ou **fracionador de espuma** onde foram retiradas as menores partículas, os sólidos dissolvidos como carboidratos, proteínas, aminoácidos e lipídios.

Após o *skimmer*, a água seguiu para o **filtro biológico** (Figura 4E). No filtro biológico ocorreu a retirada da amônia e nitrito. O tanque foi feito em polietileno com 310 L de capacidade, que tem como estruturas de fixação (substrato), material reciclável, 20.000 tampas de garrafa PET, totalizando 80 m^2 de substrato.

A água então foi direcionada para o **tanque de cultivo de macroalgas** (Figura 4F) que é feito em polietileno com capacidade de 1.000 L. As funções deste tanque foram de retirar, principalmente, nitrato, fostato e CO_2 do sistema. O tanque possuía iluminação constante, com quatro lâmpadas fluorescentes de 18 watts cada.

Em seguida a água passou para um **sistema ultravioleta** (Figura 4G). O sistema UV era composto por dois reatores ultravioleta da marca Tetrapond™ com 18 watts cada, sendo necessário para eliminação de esporos, bactérias e vírus, do sistema de cultivo. Posterior ao sistema UV através de tubulação principal de 1" e individual de 0,5", a água retornava aos tanques de cultivo (Figura 4H).

Figura 4 - Caminho da água no sistema de recirculação, iniciando no tanque de bombas: **(A)** Tanque de bombas; **(B)** Filtros com areia; **(C)** Filtros com cartucho; **(D)** *Skimmer*; **(E)** Filtro biológico; **(F)** Tanque de macroalgas; **(G)** Sistema UV; e **(H)** Tanques de cultivo.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.7.3 SISTEMA DE AERAÇÃO

A aeração foi feita, individualmente, em cada tanque de cultivo, e no filtro biológico, sendo utilizado um mini-compressor eletromagnético da marca Boyu™, com capacidade de 50 L min.⁻¹ que impulsionava o ar para todo o sistema de cultivo. Cada tanque de cultivo possuía ainda um *air-lift*, para auxiliar na aeração e circulação da água.

2.8 COMPOSIÇÃO DOS ABRIGOS

Dos 6 tanques, três possuem 15 abrigos conjugados, feitos em PVC. Cada abrigo na verdade era um conjunto com 2 abrigos. Um para recém-juvenis, possuindo 88 mm de comprimento e com diâmetro de 40 mm de um lado e 50 mm no outro. O outro tem 100 mm de diâmetro e 150 mm de comprimento, para utilização dos animais quando atingirem um tamanho maior (Figura 5A).

Nos outros 3 tanques foram utilizados como abrigos 20 tijolos, tamanho padrão, com oito furos, em cada tanque, devido à facilidade de aquisição, e característica, pois permite a formação de conjuntos de abrigos complexos, para animais de diferentes tamanhos (Figura 5B). Segundo Jones e Shanks, (2009) para a disponibilidade de abrigo em relação à densidade de lagostas devem ser consideradas a maximização do número de abrigos oferecidos e, ao mesmo tempo, minimizando os custos (materiais, mão de obra, manutenção, entre outros).

Figura 5 - Vista superior dos tanques de cultivo, mostrando os diferentes tipos de abrigos utilizados: **(A)** Abrigos conjugados, feitos com conexões de PVC; **(B)** Tijolos padrões com oito furos.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.9 MANUTENÇÃO DO SISTEMA

A cada 24 h, na fase de luz, cada tanque de cultivo do sistema de recirculação foi submetido a um processo de limpeza, para retirada de sobras de alimentação e fezes, através de sifonamento.

Semanalmente, os filtros com elemento filtrante areia foram retrolavados e os com cartucho foi trocado o cartucho com microporo. A manta acrílica localizada no tanque de bombas foi substituída mensalmente.

Também foi observado o volume de ar em cada tanque de cultivo, com partes do sistema de aeração, como pedras porosas e divisores de ar, sendo trocados caso necessário.

Outra medida tomada foi a colocação de água doce pré-filtrada para manutenção da salinidade, quando esta excedia o valor desejado.

2.10 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Foi realizado o monitoramento de variáveis físicas e químicas da água: condutividade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, amônia total, nitrito, alcalinidade, dureza e fosfato.

Diariamente foi medido pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), utilizando-se uma sonda multiparâmetros YSI Professional Plus (Figura 6A), nos tanques de cultivo, tanque de bombas, filtro biológico, tanque de cultivo de macroalgas e no tanque do sistema ultravioleta.

Semanalmente foi mensurado amônia total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}), alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e fosfato (mg L^{-1}), com um fotômetro YSI™ EcoSense 9.500, de cada tratamento (Figura 6B).

O fotoperíodo utilizado foi de 14 h de luz a cada 24 h, semelhante ao utilizado por Cox e Davis (2009).

Figura 6 - Equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água: **(A)** Sonda multiparâmetros; e **(B)** Fotômetro.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR.

2.11 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram realizados 2 tratamentos com 3 repetições, cada, para realização de análise estatística, com o objetivo de detectar, ao final do experimento, se há diferença estatística na utilização das diferentes estruturas de abrigos para cultivo da espécie *P. argus*, de acordo com a tabela II.

Tabela II - Tratamentos utilizados no experimento variando-se o tipo de abrigo.

Tipos de abrigo	Tratamento I	Tratamento II
Tijolos	■	■
Conexões PVC	■	■

2.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Ao final do experimento para comparação dos tratamentos, os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$). Posteriormente, foi utilizado o Teste t-Student para amostras independentes ($\alpha=0,05$), quando a distribuição for normal ($P>0,05$). Quando a distribuição não for normal ($P<0,05$), o teste utilizado foi o Mann-Whitney ($\alpha=0,05$), também para amostras independentes (ZAR, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DE CULTIVO

O sistema utilizado, de recirculação, apresentou valores médios dentro dos parâmetros ideais para a espécie cultivada, *P. argus*, sendo que a temperatura, apesar de não ser controlada, mostrou-se estável devido ao clima da região, tendo uma variação média de 26,85°C no tanque de bombas a 27,09°C no filtro biológico, uma diferença de 0,24°C, ocasionada pela passagem da água pelas bombas e posteriormente pela filtragem mecânica nos filtros com areia e cartucho, que é realizada sob pressão (Tabela III; Gráfico 1).

A salinidade apresentou médias que variaram de 32,99 a 33,35‰, com o maior valor obtido nos tanques de cultivo, devido a forte aeração através de pedra porosa e *air-lift*. A média em todo o sistema foi de 33,08‰ e variação de apenas 0,36‰, entre o menor e maior valor mensurado. Já a condutividade que tem sua variação influenciada, principalmente, pela salinidade, apresentou valores próximos a 52.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, com maior valor mensurado também nos tanques de cultivo com 52.548,17 $\mu\text{S cm}^{-1}$, e como na temperatura, com uma baixa variação entre o menor e maior média medida no sistema, para valores em água marinha, de apenas 475 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela III; Gráfico 1).

Radhakrishnan (2012) declarou que para espécies de lagostas espinhosas, a temperatura varia de 25 a 30°C, para espécies tropicais, e a salinidade pode variar de 30 a 38‰. Barclay et al. (2006) cultivando juvenis de *Panulirus ornatus* conservaram a temperatura em 28°C e salinidade entre 33 a 35‰, em sistema com fluxo contínuo. Irvin et al. (2010) mantiveram juvenis de *P. ornatus* em temperaturas, semelhantes, que variaram entre 28-30°C. Cox, Jeffs e Davis (2008) e Cox e Davis (2009) mantiveram lagostas juvenis e pós-*pueruli* de *P. argus*, respectivamente, em cativeiro também com temperatura média de 28°C e salinidade em 30‰, salinidade inferior a utilizada por Barclay et al. (2006), mas dentro do intervalo proposto por Radhakrishnan (2012) para lagostas espinhosas. Todos estes valores foram próximos ou semelhantes aos mantidos no sistema de cultivo de recirculação desta pesquisa, mostrando que para estas variáveis não interferiram no bem estar dos animais.

A dureza total e a alcalinidade, que são medidos em mg L^{-1} de CaCO_3 , mostraram média em todo o sistema de 314,24 e 73,83 mg L^{-1} de CaCO_3 , respectivamente, com variação de apenas 8,50 mg L^{-1} de CaCO_3 para dureza e 1,83 mg L^{-1} de CaCO_3 para

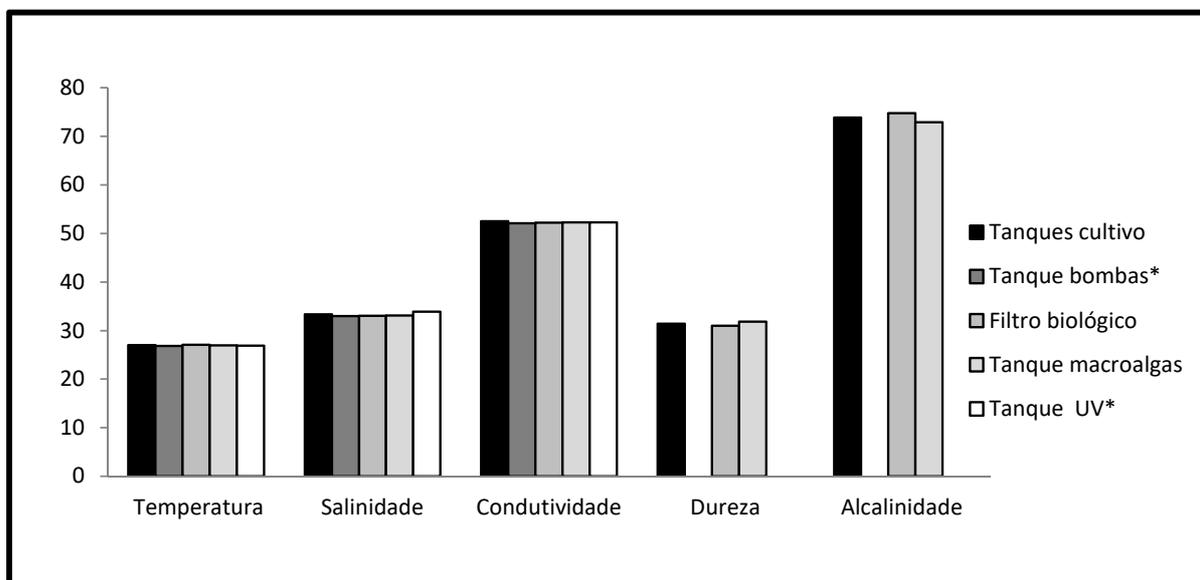
alcalinidade, entre a menor e maior média dos componentes sistema. O maior valor para dureza foi mensurado no tanque de macroalgas com 318,38 mg L⁻¹ de CaCO₃, e no filtro biológico ocorreu o maior valor para alcalinidade com 74,75 mg L⁻¹ de CaCO₃.

Segundo Radhakrishnan (2012) a água de cultivo deve ter dureza variando de 100-200 ppm, intervalo inferior ao obtido no cultivo de *P. argus* nesta pesquisa, mas, aparentemente, não houve problema relacionado a dureza no cultivo, pois este valor mantido não prejudicava o processo de ecdise e o novo exoesqueleto, em 24 h, estava praticamente com a rigidez característica.

Em sistemas de recirculação, intensiva nitrificação tem uma forte influencia na perda de alcalinidade, resultando na diminuição do pH da água cultivo. Condições ácidas impactam negativamente o desempenho do biofiltro, e suplementos para correção da alcalinidade, tais como, bicarbonato de sódio são rotineiramente administrados para estabilizar o pH e alcalinidade (VAN RIJN; TAL; SCHREIER, 2006).

Tal como recomendado por van Rijn, Tal e Schreier (2006), foram realizadas reposições semanais com bicarbonato de sódio, para correção da alcalinidade, e carbonato de cálcio para corrigir a dureza, com o intuito de manter as concentrações estáveis evitando, assim, que uma queda brusca dos valores destas variáveis, prejudique as funções fisiológicas das lagostas, como o processo de ecdise, na formação de um novo exoesqueleto. Apesar da alcalinidade estar no valor limítrofe mínimo recomendado, as condições da água de cultivo permaneceram estáveis, principalmente com relação ao pH. Com relação a dureza total, esta manteve-se elevada, disponibilizando os minerais necessários para os processos fisiológicos dos animais cultivados (Tabela III; Gráfico 1).

Gráfico 1 - Valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade (‰), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3) e alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3), no sistema de cultivo em que foram realizados os tratamentos.



* No tanque de bombas e tanque do sistema UV não foram realizadas as medições de dureza total e alcalinidade.

Observação: os valores de **condutividade** foram divididos por **1.000** e os de **dureza total** por **10**, para melhor apresentação no gráfico.

O oxigênio dissolvido teve variação elevada ao longo do sistema, de quase 2 mg L^{-1} . O maior valor médio de concentração de oxigênio dissolvido foi obtido nos tanques de cultivo com $4,70 \text{ mg L}^{-1}$, provocado pela forte aeração provida nestes tanques, apesar do consumo realizado pelas lagostas e pela decomposição dos alimentos e fezes, e o ponto de menor valor foi o filtro biológico que ficou com valor médio, ao longo do cultivo, de $2,99 \text{ mg L}^{-1}$, devido ao alto consumo de oxigênio realizado pelas bactérias autotróficas que convertem a amônia em nitrato através de processos de nitrificação. A média geral do sistema ficou em $4,17 \text{ mg L}^{-1}$, mais de 1 mg L^{-1} superior a menor média apresentada, no filtro biológico (Tabela III; Gráfico 2).

Conceição et al. (1996) em pesquisa realizada com juvenis de *P. argus* expostos a um jejum de 7 dias, analisaram o consumo de oxigênio e a excreção nitrogenada, em sistema de circulação com água do mar, e verificaram que o consumo de oxigênio varia diretamente com o peso, sem diferença significativa com a condição nutricional dos indivíduos. Por isso, deve-se ter cuidado com a queda do oxigênio dissolvido, nos diferentes pontos do sistema, pois se a água entra nos tanques de cultivo com uma concentração

muito baixa, esta pode ser de difícil elevação apenas com aeração, devido ao aumento gradativo do consumo, com o crescimento dos animais.

Segundo Radhakrishnan (2012) a falta de oxigênio causa estresse que pode prejudicar o crescimento das lagostas significativamente, pois ao contrário dos camarões, as lagostas são organismos conformistas com relação ao oxigênio, e podem não mostrar nenhum sintoma às suas baixas condições, pois são capazes de ajustar o metabolismo mesmo em condições de nível de oxigênio dissolvido muito baixas.

O pH sofreu pequena variação ao longo do sistema 0,08, com a maior média nos tanques de cultivo com 7,40 e menor no tanque de bombas com 7,32 obtendo um valor médio ao longo do sistema de 7,37.

Para Radhakrishnan (2012) o pH ideal para cultivo fica no intervalo de 7,8-8,4. Já Kemp e Britz (2008) em cultivo de *Panulirus homarus rubellus* afirmaram que o pH variou de 7,9-8,1, intervalos estes em torno de 0,5 acima da média obtida no sistema para o cultivo de *P. argus*, neste trabalho. Controlar o pH do sistema entre 7-7,5, foi um dos nossos objetivos, para inibir a formação de amônia NH_3 , na composição da amônia total.

As concentrações, do sistema de cultivo, de amônia total e nitrito, obtiveram as maiores médias foram 0,72 e 4,62 nos tanques de cultivo e as menores no filtro biológico 0,35 e 3,72 mg L^{-1} , respectivamente, enquanto o nitrato apresentou menor valor médio no tanque de cultivo de macroalgas com 4,68 mg L^{-1} e maior no filtro biológico com 6,39 mg L^{-1} . Apesar do tanque com macroalgas ficar posicionado posterior ao filtro biológico, que consome amônia e nitrito e produz nitrato, esta menor concentração deve-se ao processo de fotossíntese realizado pelas macroalgas. Dos compostos nitrogenados, nitrato foi o que apresentou maior variação entre as médias 1,28 mg L^{-1} , enquanto que a amônia foi a que mostrou menor variação 0,37 mg L^{-1} .

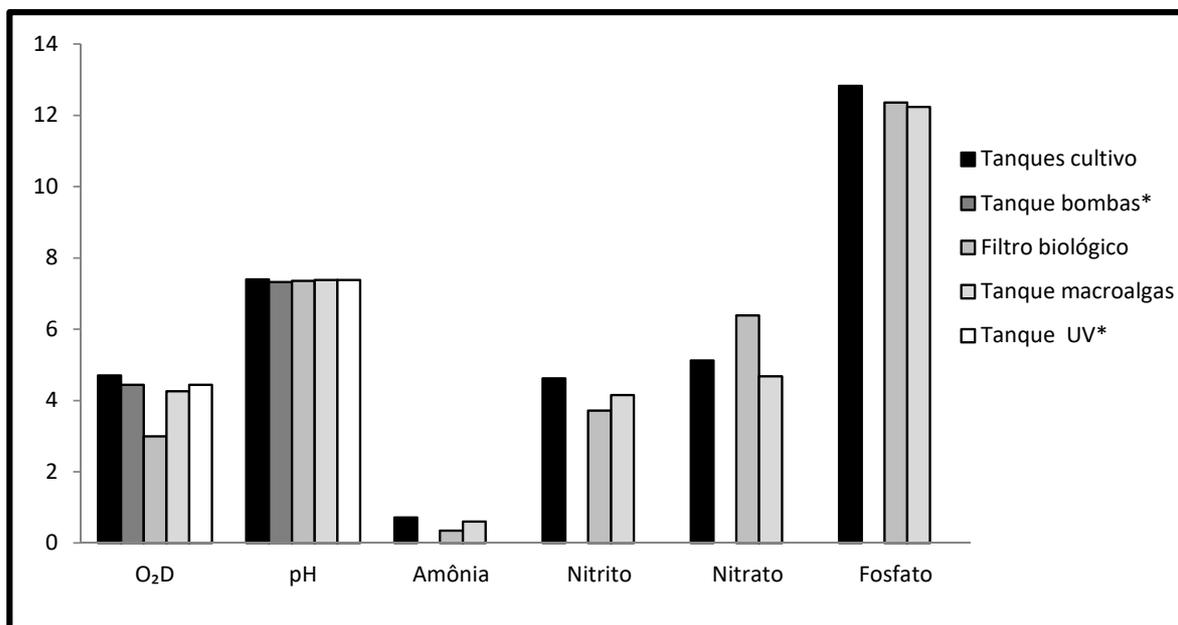
Radhakrishnan (2012) assegura que a amônia total deve ficar em valores inferiores a 2,0 mg L^{-1} , o nitrito abaixo de 5,0 mg L^{-1} e o nitrato pode chegar até a 100 mg L^{-1} . Já Kemp e Britz (2008) relataram que mantiveram a amônia total em concentrações abaixo de 0,25 mg L^{-1} . A amônia total, nos 126 dias de cultivo, foi mantida em valores superiores que os indicados por Kemp e Britz (2008), mas além de Radhakrishnan (2012), Shields, Stephens e Jones (2006) destacam que se cultivando lagostas em sistema de recirculação, a amônia apresenta efeitos tóxicos em lagostas do gênero *Panulirus*, que tolera concentrações máximas de 2 mg L^{-1} . A amônia não mostrou influência no comportamento das lagostas, pois em nenhum momento, durante o cultivo, houve clara mudança no comportamento, principalmente no que diz respeito à atividade alimentar, mostrando que a espécie *P. argus* pode ser mais resistente a amônia total que outras espécies do gênero.

Com relação a nitrito e a nitrato as concentrações alcançadas no cultivo foram inferiores as citadas por Radhakrishnan (2012).

Quando o filtro biológico entra em equilíbrio, consumindo todo o nitrito que produz a tendência é que as concentrações de amônia e nitrito apresentem pouca variação, pois estas, após um período de elevação reduzem e estabilizam, já o nitrato tem tendência a elevação, e sua estabilização, no sistema, depende do seu consumo no tanque de cultivo de macroalgas (Tabela III; Gráfico 2).

O fosfato apresentou concentrações em torno de 12 mg L⁻¹, com maior valor apresentado no tanque de cultivo de lagostas 12,83 mg L⁻¹, principalmente devido a alimentação. A estrutura do sistema em que as concentrações de fosfato foram menores foi no tanque de cultivo de macroalgas com 12,24 mg L⁻¹, sendo que o fator provocador desta menor concentração, foi novamente o processo de fotossíntese realizado pelas macroalgas, que, no sistema, utilizava como nutrientes, principalmente, o nitrato e o fosfato, assimilando ambos no seu metabolismo (Tabela III; Gráfico 2).

Gráfico 2 - Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH, amônia total (mg L⁻¹), nitrito (mg L⁻¹), nitrato (mg L⁻¹) e fosfato (mg L⁻¹), no sistema de cultivo em que foram realizados os tratamentos.



* No tanque de bombas e tanque do sistema ultravioleta (UV) não foram realizadas as medições de amônia total, nitrito, nitrato e fosfato.

Nos tanques de cultivo onde foram mensuradas as maiores concentrações de amônia, nitrito e fostato, foram tomadas medidas remediadoras para minimizar a produção destes compostos, como o sifonamento diário de todos os tanques de cultivo para retirada de restos de alimentos e fezes.

Segundo van Rijn, Tal e Schreier (2006) o fósforo é liberado a partir de biomassa bacteriana na fase anaeróbica e é assimilado por estas bactérias, quando em excesso, como polifosfato (poli-P) durante a etapa aeróbia. Assim, a retirada do fósforo do sistema é importante, pois no sistema de recirculação não houve regiões com ausência de oxigênio, sendo o menor valor meio mensurado no sistema 2,99 mg L⁻¹.

Tabela III - Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH, salinidade (‰), condutividade (µS cm⁻¹), amônia total (mg L⁻¹), nitrito (mg L⁻¹), nitrato (mg L⁻¹), fosfato (mg L⁻¹), dureza total (mg L⁻¹ de CaCO₃) e alcalinidade (mg L⁻¹ de CaCO₃), no sistema de cultivo em que foram realizados os tratamentos.

Variáveis	Tanques cultivo	Tanque bombas*	Filtro biológico	Tanque macroalgas	Tanque sistema UV*
Temp.	27,04±0,22	26,85±0,45	27,09±0,56	26,94±0,46	26,92± ,41
O ₂ D	4,70±0,54	4,44±1,10	2,99±0,90	4,26±0,22	4,44±0,39
pH	7,40±0,12	7,32±0,10	7,36±0,18	7,38±0,11	7,38±0,09
Salinid.	33,35±1,24	32,99±0,84	33,06±0,80	33,08±0,91	32,91±1,12
Conduct.	52.548,17±2.151,83	52.072,16±1.467,90	52.241,58±1.296,31	52.271,42±1.478,51	52.291,23±1.481,08
Amônia	0,72±0,27	-	0,35±0,30	0,60±0,21	-
Nitrito	4,62±3,62	-	3,72±2,98	4,15±3,61	-
Nitrato	5,12±1,19	-	6,39±1,12	4,68±1,31	-
Fosfato	12,83±5,09	-	12,36±5,05	12,24±5,10	-
Dureza	314,46±16,64	-	309,88±11,33	318,38±17,34	-
Alcalin.	73,83±3,01	-	74,75±2,10	72,92±6,48	-

* No tanque de bombas e tanque do sistema ultravioleta (UV) não foram realizadas as medições de amônia total, nitrito, nitrato, fosfato, dureza total e alcalinidade.

3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

O desempenho zootécnico, as variáveis biométricas e sobrevivência, ao final do experimento foram comparadas através de análises estatísticas, para os dois tratamentos

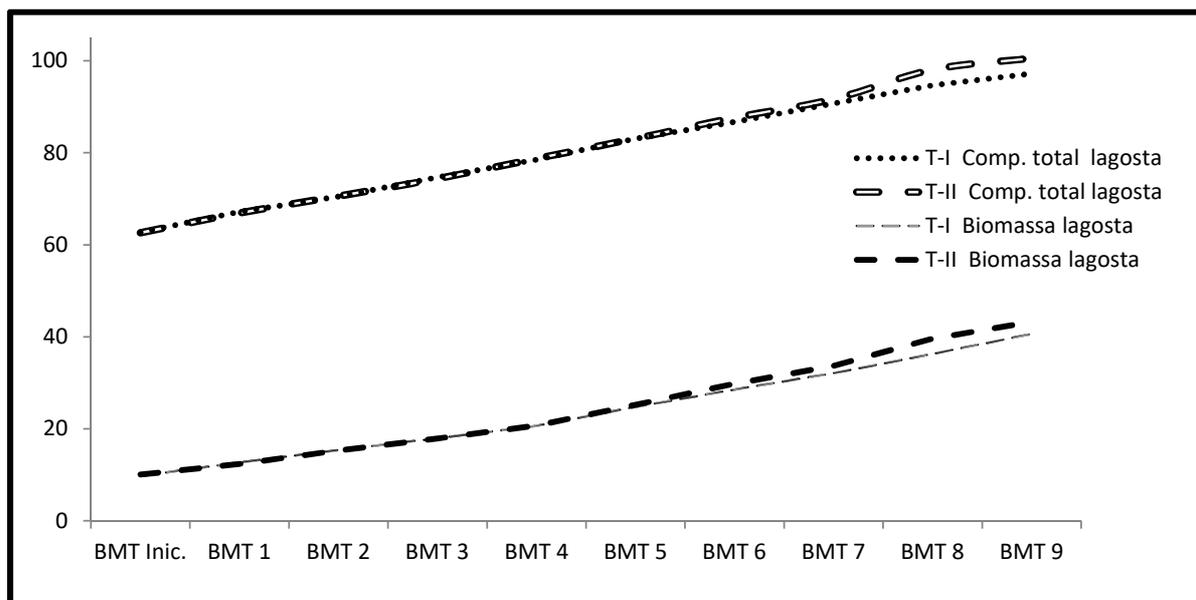
utilizados, e não houve diferença estatística em nenhuma das doze variáveis analisadas, para o tempo e condições de cultivo aplicadas nesta pesquisa.

Os valores médios de biomassa e crescimento, individual, das lagostas foi um pouco superior no tratamento II, mas até a biometria 5 os valores das médias eram praticamente iguais, pois a diferença, entre os dois tratamentos, para biomassa foi de apenas 0,56 g e para o comprimento total 0,01 mm. Quando se compara a biometria inicial e a biometria nove, no tratamento I, o ganho de biomassa foi de 316% ou 30,87 g nos 126 dias de cultivo, enquanto no tratamento II este ganho foi de 329,82% ou 33,18 g. Com relação ao comprimento total a diferença foi de 34,48 mm ou 54,98% no tratamento I e 37,95 mm ou 60,61%, para o tratamento II (Tabela IV; Gráfico 3).

Para os comprimentos de cefalotórax e cauda, o tratamento II também obteve valores superiores ao tratamento I. Quando é feita a diferença entre a biometria inicial e a final, o tratamento II ficou com valores de 13,97 mm para cefalotórax e 23,99 mm para cauda, enquanto o tratamento I ficou com 12,56 e 21,91 mm para cefalotórax e cauda, respectivamente, valores em torno de 10% inferiores ao tratamento II (Tabela IV).

Esta superioridade nos valores, principalmente, para biomassa e comprimento total, se deve especialmente pela menor densidade nos tanques do tratamento II, a partir da biometria três, com o resultado se refletindo, mais enfaticamente, em torno de um mês depois, a partir da biometria seis.

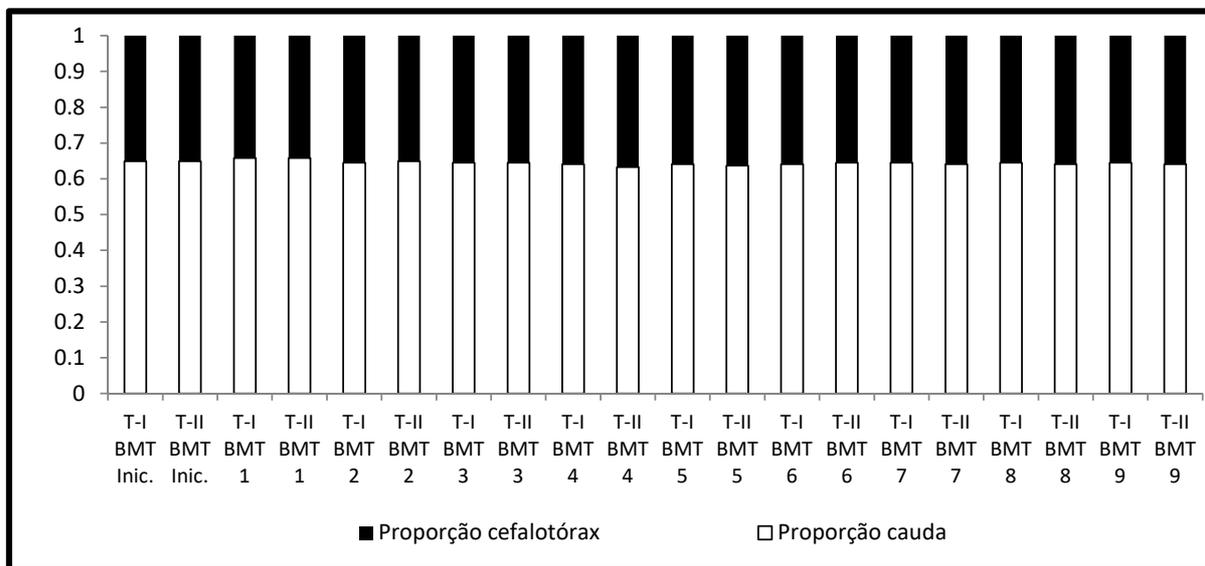
Gráfico 3 - Valores médios, dos juvenis, de biomassa (g) e comprimento total (mm), das lagostas, em cada biometria (BMT), nos dois tratamentos realizados.



Legenda: tratamento I (T-I) utilizando tijolos como abrigos, e tratamento II (T-II) utilizando conexões de PVC.

Os valores médios das proporções cefalotórax/ comprimento total, comprimento da cauda/ comprimento total e comprimento do cefalotórax/ comprimento da cauda das 10 biometrias realizadas, mostrou que os animais quando capturados no ambiente, biometria inicial, mantiveram as mesmas proporções ao longo do cultivo. Na biometria inicial os valores as proporções cefalotórax/ comprimento total, cauda/ comprimento total e comprimento do cefalotórax/ comprimento da cauda foram de 0,35, 0,65 e 0,54, respectivamente, enquanto a média destas variáveis para as outras nove biometrias realizadas durante o cultivo foi de 0,36, 0,64 e 0,55, nos dois tratamentos realizados (Tabela IV; Gráfico 4).

Gráfico 4 - Valores médios, dos juvenis, de proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento da cauda, em cada biometria (BMT), nos tratamentos I e II.



Legenda: tratamento I (T-I) utilizando tijolos como abrigos, e tratamento II (T-II) utilizando conexões de PVC.

Tabela IV - Valores médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à biomassa (g), comprimento total (mm), do cefalotórax (mm) e da cauda* (mm), e proporção do comprimento do cefalotórax em relação ao comprimento total, do comprimento da cauda em relação ao total e do comprimento do cefalotórax em relação ao da cauda, em cada biometria (BMT), nos dois tratamentos realizados.

BMT	Trat.	Biomassa lagosta	Comprimento			Proporção		
			Total	Cefalotórax	Cauda*	Cefalotórax/total	Cauda/total	Cefalotórax/cauda
0	I	9,76±1,06	62,71±2,44	22,02±0,39	40,69±2,09	0,35±0,01	0,65±0,01	0,54±0,02
	II	10,06±0,51	62,61±0,22	21,95±0,45	40,66±0,39	0,35±0,01	0,65±0,01	0,54±0,02
1	I	12,71±1,47	67,20±2,64	23,11±0,88	44,09±1,76	0,34±0,00	0,66±0,00	0,52±0,00
	II	12,40±0,51	66,90±1,07	22,88±0,52	44,02±0,57	0,34±0,00	0,66±0,00	0,52±0,01
2	I	15,37±1,78	70,48±2,89	24,94±0,84	45,54±2,06	0,35±0,00	0,65±0,00	0,55±0,01
	II	15,32±0,39	70,58±0,19	24,76±0,62	45,81±0,46	0,35±0,01	0,65±0,01	0,54±0,02
3	I	17,98±1,89	74,66±3,12	26,64±0,86	48,02±2,28	0,36±0,00	0,64±0,00	0,55±0,01
	II	17,91±0,49	74,37±1,59	26,50±0,68	47,87±1,24	0,36±0,01	0,64±0,01	0,55±0,02
4	I	20,67±2,37	78,50±3,93	28,21±1,23	50,29±2,71	0,36±0,00	0,64±0,00	0,56±0,01
	II	20,69±0,71	78,75±0,78	28,78±0,31	49,97±1,08	0,37±0,01	0,63±0,01	0,58±0,02
5	I	24,66±2,70	83,10±3,54	29,82±1,21	53,28±2,33	0,36±0,00	0,64±0,00	0,56±0,00
	II	25,22±1,11	83,11±1,87	30,18±0,33	52,93±1,62	0,36±0,01	0,64±0,01	0,57±0,01
6	I	28,54±4,08	86,73±4,20	30,96±1,47	55,77±2,74	0,36±0,00	0,64±0,00	0,56±0,00
	II	29,79±1,21	87,64±1,69	31,27±0,85	56,37±0,84	0,36±0,00	0,64±0,00	0,55±0,01
7	I	32,08±4,41	90,72±4,95	32,31±1,83	58,41±3,12	0,36±0,00	0,64±0,00	0,55±0,00
	II	33,70±2,55	91,70±2,28	32,84±1,13	58,86±1,17	0,36±0,00	0,64±0,00	0,56±0,01
8	I	36,32±5,64	94,64±5,53	33,64±1,98	61,00±3,56	0,36±0,00	0,64±0,00	0,55±0,00
	II	39,64±2,67	98,07±2,28	35,14±0,79	62,93±1,51	0,36±0,00	0,64±0,00	0,56±0,00
9	I	40,63±4,99	97,19±4,67	34,58±1,60	62,60±3,07	0,36±0,00	0,64 ± 0,00	0,55±0,00
	II	43,24±4,36	100,56±3,88	35,92±1,38	64,65±2,53	0,36±0,00	0,64 ± 0,00	0,56±0,00

* O comprimento da cauda foi obtido através da diferença entre o comprimento total e do cefalotórax.

Legenda: tratamento I (Trat. I) utilizando tijolos como abrigos, e tratamento II (Trat. II) utilizando conexões de PVC.

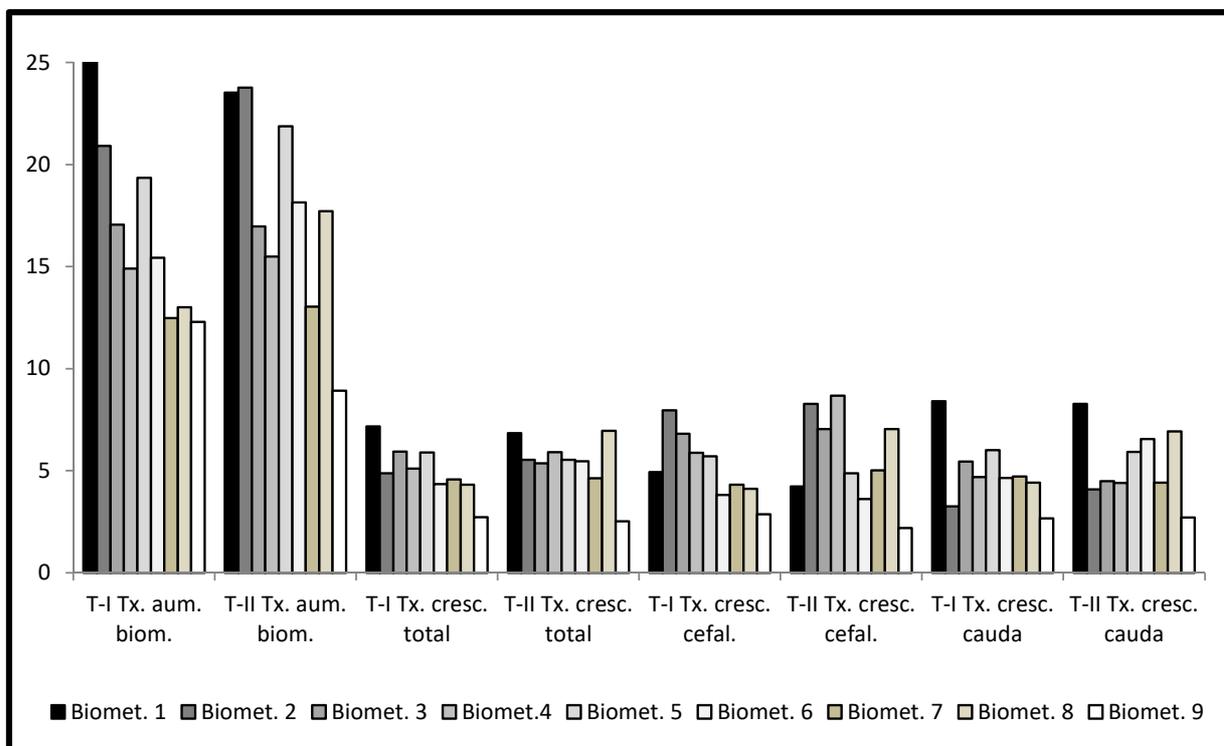
- Teste t-Student com $P > 0,05$, para amostras independentes ($\alpha = 0,05$);

- Teste Mann-Whitney com $P > 0,05$, para amostras independentes ($\alpha = 0,05$) – **valores em negrito.**

Com relação às taxas de aumento de biomassa, crescimento total, crescimento do cefalotórax e da cauda, os valores destas variáveis oscilaram muito ao longo do cultivo nos dois tratamentos, com os maiores valores obtidos sendo 30,16% para biomassa e 7,17% para taxa de crescimento total e 8,41% para a taxa de crescimento da cauda na biometria um para o tratamento I, e para a taxa de crescimento do cefalotórax o maior valor foi de 8,68% na biometria quatro para o tratamento II. Os valores médios obtidos das biometrias um a nove, foram de 17,29%, 5,00%, 5,15% e 4,92%, para o tratamento I e 17,72%, 5,42%, 5,66% e 5,31% para o tratamento II, para as taxas de aumento de biomassa, crescimento total, do cefalotórax e da cauda, respectivamente. Com o tratamento II obtendo valores maiores em todas as médias destas variáveis (Tabela V; Gráfico 5).

Cox e Davis (2009) cultivando pós-*pueruli* de *P. argus* com 6-7 mm de comprimento de cefalotórax e densidade de 26 indivíduos para cada 0,1 m², obtiveram taxas de aumento de biomassa de 36,57% e aumento de comprimento de cefalotórax de 11,61%, durante 28 dias de experimento. Taxas superiores que as alcançadas nesta pesquisa na biometria 2, quando o experimento alcançou 28 dias de cultivo, com 20,92% no tratamento I e 23,77% no tratamento II, para taxa de aumento de biomassa, e 4,88 e 5,53% nos tratamentos I e II, respectivamente, para taxa de crescimento de cefalotórax. Isto se deve, apesar do grande diferença de densidade inicial, ao tamanho bem inferior dos animais utilizados por Cox e Davis (2009), 230% menores, se comparados aos valores para a biometria inicial desta pesquisa, favorecendo a valores maiores relativos, devido ao grande ganho de biomassa e tamanho, em relação ao seu pequeno peso e comprimento.

Gráfico 5 - Valores médios, dos juvenis, da taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%), das biometrias 1 a 9, nos dois tratamentos realizados.



Legenda: tratamento I (T-I) utilizando tijolos como abrigos, e tratamento II (T-II) utilizando conexões de PVC.

No que diz respeito à sobrevivência, o tratamento I alcançou uma sobrevivência 11,67% superior ao tratamento II, devido ao tipo de abrigo utilizado que apresentava maior complexidade, permitindo maior proteção das lagostas com exoesqueleto mole, mas estatisticamente, como citado anteriormente, não houve diferença entre os tratamentos. A sobrevivência do tratamento I foi superior a partir da biometria três, e foi aumentando gradativamente até o final do cultivo. (Tabela V; Gráfico 6).

De acordo com Cob (2012) *P. argus* apresentou, ao longo de seu ciclo de vida, uma sucessão de eventos de recrutamento, em que os indivíduos, ao crescer e desenvolver-se, ocupam diferentes habitats, bem como, mudam sua relação com o ambiente. Em testes sobre o padrão de distribuição e ocupação de refúgios naturais para lagostas, Arciniegas (2005), observou que indivíduos de *P. argus* preferiram refúgios com múltiplas entradas e teto baixo, e que os indivíduos se localizaram na parte inferior do perfil vertical do arrecife e, em geral, se encontravam na entrada do refugio, ocultando somente o abdômen.

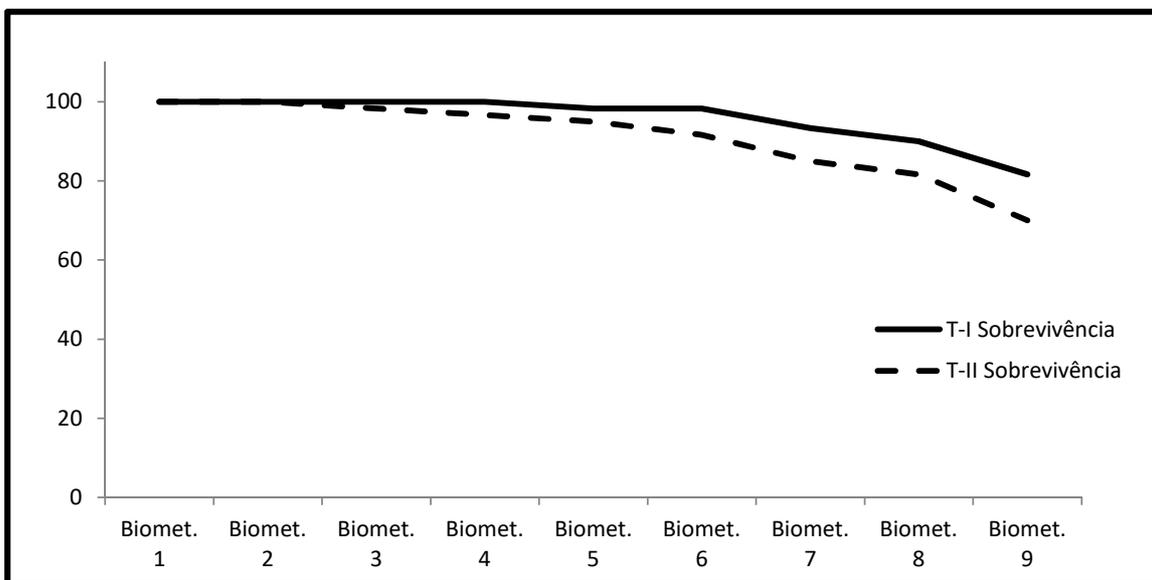
Barclay et al. (2006) em cultivo de *P. ornatus*, utilizaram tijolos de barro, como abrigos, cada um com 10 furos, para adequar o tamanho e número de abrigos aos animais,

em sistema de fluxo contínuo. Eles obtiveram sobrevivências de 86,0%, com 3,70 lagostas m⁻², densidade quase 1/3 inferior à densidade final dos tanques do tratamento com tijolos, mas com sobrevivência em torno de 4% maior para período semelhante de cultivo. Irvin et al. (2010) também usaram tijolos de barro como abrigo no cultivo de *P. ornatus* com 0,2-3,4 g, com a sobrevivência variando de 55-85%, com média de 63,61% nos diferentes tratamentos utilizados.

Cox e Davis (2009) obtiveram sobrevivência variando de 38-85%, com média de 57,29%, nos 28 dias de cultivo, sendo inferior à obtida nesta pesquisa, apesar da densidade ser bem superior, mas com animais 230% menores que na biometria inicial desta pesquisa.

De acordo com Jones e Shanks, (2009) em cultivos de *P. ornatus* observou-se que o abrigo para lagostas atua na maximização da sobrevivência, satisfazendo um requisito intrínseco de comportamento e reduzindo assim, o estresse, e minimizando agressões entre os indivíduos e canibalismo, já Crear et al. (2000) avaliaram a sobrevivência e o crescimento de *Jasus edwardsii* em diferentes tipos de cultivo, e observaram que a maioria das mortalidades ocorridas durante o experimento foi devido ao canibalismo após a ecdise, e que nesta espécie a colocação de substratos para ajudar no processo de ecdise, não preveniu o canibalismo.

Gráfico 6 - Evolução dos valores médios da sobrevivência (%), das biometrias 1 a 9, nos tratamentos I e II.



Legenda: tratamento I (T-I) utilizando tijolos como abrigos, e tratamento II (T-II) utilizando conexões de PVC.

Tabela V - Dados médios e desvio padrão, dos juvenis, com relação à taxa de aumento de biomassa (%), taxa de crescimento total (%), taxa de crescimento do cefalotórax (%), taxa de crescimento da cauda (%) e sobrevivência (%), das biometrias (BMT) 1 a 9, nos dois tratamentos realizados.

BMT	Trat.	Taxa aumento biomassa	Taxa crescimento total	Taxa crescimento cefalotórax	Taxa crescimento cauda	Sobrevivência*
1	I	30,16±4,79	7,17±1,27	4,93±2,12	8,41±2,03	100,00±0,00
	II	23,53±8,12	6,84±1,34	4,23±1,37	8,27±1,84	100,00±0,00
2	I	20,92±0,69	4,88±0,40	7,96±1,18	3,26±0,53	100,00±0,00
	II	23,77±7,46	5,53±1,91	8,27±4,91	4,08±0,33	100,00±0,00
3	I	17,06±1,37	5,93±1,30	6,81±0,85	5,45±1,54	100,00±0,00
	II	16,97±6,04	5,36±2,25	7,04±2,40	4,49±2,20	98,33±2,89
4	I	14,90±2,52	5,11±1,30	5,88±1,45	4,69±0,69	100,00±0,00
	II	15,50±1,28	5,91±1,25	8,68±3,76	4,40±1,42	96,67±2,89
5	I	19,35±2,03	5,90±1,45	5,71±1,28	6,01±1,62	98,33±2,89
	II	21,88±1,17	5,53±2,03	4,87±1,43	5,92±2,56	95,00±0,00
6	I	15,43±4,14	4,35±0,67	3,81±0,93	4,65±0,58	98,33±2,89
	II	18,15±0,55	5,47±1,54	3,61±2,85	6,55±2,10	91,67±2,89
7	I	12,48±1,72	4,58±0,77	4,32±1,12	4,72±0,59	93,33±7,64
	II	13,04±4,78	4,63±1,44	5,02±1,67	4,41±1,33	85,00±5,00
8	I	13,01±2,66	4,31±0,42	4,11±0,24	4,42±0,54	90,00±8,66
	II	17,72±3,67	6,96±2,44	7,04±2,34	6,93±2,71	81,67±7,64
9	I	12,30±4,43	2,73±1,35	2,86±1,47	2,66±1,32	81,67±10,41**
	II	8,92±4,31	2,52±1,85	2,19±1,86	2,71±1,86	70,0 ±8,66**

Legenda: tratamento I (Trat. I) utilizando tijolos como abrigos, e tratamento II (Trat. II) utilizando conexões de PVC.

- Teste t-Student com $P > 0,05$, para amostras independentes ($\alpha = 0,05$);

- Teste Mann-Whitney com $P > 0,05$, para amostras independentes ($\alpha = 0,05$) – **valores em negrito**.

* Todas as mortalidades foram devido a canibalismo logo depois da realização da ecdise.

** A análise estatística da sobrevivência foi realizada utilizando-se o valor da sobrevivência final de cada tanque de cultivo de lagostas, sendo que na comparação das médias de cada tratamento foi utilizado o Teste Mann-Whitney com $P > 0,05$, para amostras independentes ($\alpha = 0,05$)

4 CONCLUSÕES

- O sistema de cultivo mostrou-se bastante eficiente e cumpriu o seu objetivo, que foi de manter a qualidade da água em níveis ótimos para a espécie *P. argus*, de acordo com citações na literatura para lagostas do mesmo gênero e espécie, durante mais de 4 meses de cultivo, sem troca de água, com densidade média final de 10,11 lagostas m⁻² e peso médio final de 41,94 g, de todo o sistema, isto é, vinculando os dois tratamentos;
- O tratamento II apresentou maior ganho médio de biomassa e crescimento individual. A biomassa aumentou em média 78,53% ao mês, com um total de 329,82% ao longo do cultivo ou 33,18 g. Com relação ao comprimento total o aumento foi de 60,61%, nos 126 dias de cultivo, resultando em um aumento médio diário de 0,30 mm ou 9 mm por mês;
- O tratamento I utilizando tijolos como abrigos, apresentou uma sobrevivência de 11,67% superior aos tanques que utilizaram abrigos de PVC. A utilização de abrigos é de vital importância para o sucesso do cultivo de lagostas e apesar da não comprovação estatística para o resultado final desta pesquisa, a complexidade do abrigo, no que diz respeito a opções de esconderijos de diferentes dimensões, parece ser melhor para manutenção em cativeiro de lagostas da espécie *P. argus*, pois reduz o estresse diário ocasionado pelas altas densidades do cultivo.

REFERÊNCIAS

AFONSO, A. S.; GRUBER, S. H. *Pueluri* settlement in the caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, at Bimini, Bahamas. **Crustaceana**, [s.l.], v. 11, n. 80, p.1355-1371, 2007.

ARCINIEGAS, Andrea Carolina Osorio. **Distribución y patronos de ocupación de refúgios natural de las lagostas *Panulirus argus* (Latreille 104) en el hábitat arrecifes coralino**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciencias del Mar y Limnologia, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos, 2005.

BARCLAY, M. C. et al. Comparison of diets for the tropical spiny lobster *Panulirus ornatus*: astaxanthin-supplemented feeds and mussel flesh. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 12, p.117-125, 2006.

BRIONES-FOURZÁN, Patricia.; LOZANO-ÁLVAREZ, E. Essential habitats for *Panulirus* spiny lobsters. In: Phillips, B.F. (Ed). **Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries**, Blackwell Publishing, 2 ed., 2013, p. 186-220.

COB, Jair Gaspar Valladárez. **Redoblamiento de la langosta espinosa del Caribe, *Panulirus argus*: Problemas y perspectivas**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciencias del Mar y Limnologia, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos, 2012.

CONCEIÇÃO, Raimundo Nonato de Lima et al. Bioenergética de juveniles de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804). Efectos del ayuno prolongado. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, n. 30, p.49-53, 1996.

COX, S. L.; DAVIS, M. An evaluation of potential diets for the culture of *postpueruli* spiny lobsters *Panulirus argus* (Palinuridae). **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 15, p.152-159, 2009.

COX, Serena L.; JEFFS, Andrew G.; DAVIS, Megan. Developmental changes in the mouthparts of juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*: Implications for aquaculture. **Aquaculture**, [s.l.], v. 283, n. 1-4, p.168-174, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.019>.

CREAR, B. J. et al. Growth of juvenile southern rock lobsters, *Jasus edwardsii*, is influenced by diet and temperature, whilst survival is influenced by diet and tank environment. **Aquaculture**, [s.l.], n. 190, p. 169-182, 2000.

D´ABRAMO, Louis R.; CASTELL, John D. Research methodology. In: D´ABRAMO, Louis R.; CONKLIN, Douglas E.; AKIYAMA, Dean M. (Ed.). **Crustacean Nutrition**. [s.l.]: World Aquaculture Societ, 1997. p. 3-25. (Advances in World Aquaculture).

BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (Org.). **Plano de Gestão para o uso Sustentável de Lagostas no Brasil: *Panulirus argus* (Latreille, 1817) e *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1804)**. Brasília: IBAMA, 2008. 121 p.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global aquaculture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>), 2016a. Acesso em: 01/06/2016.

FAO. **Programa Estatístico FishStatJ: Global Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Org.). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>, Rome: Database global capture production 1950-2014 (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>), 2016b. Acesso em: 01/06/2016.

GOLDSTEIN, Jason S.; NELSON, Brian. Application of a gelatinous zooplankton tank for the mass production of larval Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. **Aquat. Living Resour.**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.45-51, jan. 2011. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/alr/2011100>.

IRVIN, Simon J. et al. Do formulated feeds for juvenile *Panulirus ornatus* lobsters require dietary cholesterol supplementation? **Aquaculture**, [s.l.], v. 307, n. 3-4, p.241-246, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.07.026>.

JONES, Clive, M.; SHANKS, S. Requirements for the aquaculture of *Panulirus ornatus* in Australia. In: Williams, K. C. (Ed.). **Spiny lobster Aquaculture in the Asia-Pacific Region**, ACIAR Proceedings, p. 98-109, 2009.

KEMP, J. O. G.; BRITZ, P. J. The effect of temperature on the growth, survival and food consumption of the east coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 280, p.227-231, 2008.

MEINERS-MANDUJANO, César Gabriel. 2002. **Importancia de refugios artificiales tipocasita para juveniles de langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804): Dinámica de ocupación y heterogeneidad del sustrato en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo**. Tesis de Maestría, Univ. Nat. Autón. México, 59 pp.

RADHAKRISHNAN, E. V. Review of prospects for lobster farming. In: PHILIPPOSE, K. K. et al. (Ed.) **Handbook on open sea cage culture**, Central Marine Fisheries Research Institute, 2012, p. 96-111.

SHIELDS, Jeffrey D.; STEPHENS, Fran J.; JONES, Brian. Pathogens, parasites and other symbionts. In: PHILLIPS, Bruce F. **Lobsters: Biology, management, aquaculture and fisheries**. [s.l.]: Blackwell Publishing, 2006. p. 146-204.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. Introduction to recirculating aquaculture technology. In: TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. (Ed.). **Recirculating Aquaculture**. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013. p. 1-26.

VAN RIJN, Jaap; TAL, Yossi; SCHREIER, Harold J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.364-376, maio 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.004>.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall, Upper Sandller River. 2010. 944 p.

PARTE III – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 CONSIDERAÇÕES

- A aquicultura, apesar de ser uma atividade que pode auxiliar na sustentabilidade, também pode ser geradora de problemas ambientais, com relação as grandes áreas e volumes de água necessários para a seu desenvolvimento, assim a proposta deste trabalho foi realizar o cultivo utilizando um sistema que usa menos espaço e uma quantidade muito menor de água para obter produtividades superiores a outros sistemas utilizados;
- Os experimentos com transporte, testes com diferentes manejos de água e alimento, engorda em sistema de recirculação e cultivo em sistema de recirculação utilizando diferentes tipos de abrigos, foram promissores com relação ao manejo da espécie em cativeiro, mostrando que *P. argus* tem boa resistência ao manejo para aquicultura, tendo, ainda, que serem realizadas novas pesquisas, principalmente, com relação ao alimento artificial para engorda, com reduzido custo ambiental, buscando maior viabilidade, desta fase do cultivo, do ponto de vista econômico;
- Apesar das dificuldades devido a sua biologia, o que dificulta o cultivo de todas as fases do ciclo de vida em cativeiro, é promissor o avanço da aquicultura em alguns países que produzem lagosta através da pesca, por poder beneficiar a própria pesca através de trabalhos de repovoamento, como também através da produção aquícola, para atender parte da demanda do mercado, já que a sustentabilidade ambiental do cultivo comercial, pode ser provida, de forma imediata, pela devolução ao ambiente de uma porcentagem, dos indivíduos capturados inicialmente para cultivo, superior a sobrevivência obtida no ambiente, principalmente se capturados na fase de *puerulus* e recém-juvenil;

- Em vários países, as atividades como a aquicultura estão incluídas na sustentabilidade da pesca de vários organismos, incluindo a lagosta. A busca pela sustentabilidade de um recurso, importante como a lagosta, passa por um plano de gestão que envolve diversos níveis da sociedade, de diversas áreas, a fim de procurar, entender e propor, soluções, sendo a sustentabilidade social para este recurso tendo que ser provida através da participação da parcela da sociedade de menor renda, os pescadores, através da aquicultura comercial sustentável ou aquicultura como ferramenta para incrementar a pesca, apenas com ações de repovoamento;
- Experiências realizadas em outros países são importantes, e devem ser levadas em consideração, porém deve-se buscar resultados com espécies que aqui ocorrem e com tecnologia disponível, assim esta pesquisa mostra que o cultivo de lagosta pode ser viável, e uma ferramenta indispensável para sustentabilidade e preservação da lagosta.