



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA

ISAAC BASÍLIO DOS SANTOS

**CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA HÍBRIDO
SUPERINTENSIVO, COM ZERO DESCARGA E REÚSO DE ÁGUA**

FORTALEZA

2019

ISAAC BASÍLIO DOS SANTOS

**CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA HÍBRIDO
SUPERINTENSIVO, COM ZERO DESCARGA E REÚSO DE ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes

FORTALEZA

2019

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)

dos Santos, Isaac Basilio.

CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA HÍBRIDO SUPER-INTENSIVO,
COM ZERO DESCARGA E REUSO DE ÁGUA / Isaac Basilio dos Santos. – 2019.
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

1. Carcinicultura. 2. Alta densidade. 3. Desempenho Zootécnico. I. Título.

CDD 551.46

ISAAC BASÍLIO DOS SANTOS

**CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA HÍBRIDO
SUPERINTENSIVO, COM ZERO DESCARGA E REUSO DE ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

Aprovada em ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Hassan Sabry Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Bióloga M.Sc. Jordana Sampaio Leite
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Aurilene Basílio e a amiga Adline Alves pelos conselhos, pelo amor e por me apoiarem em tudo que preciso.

Ao professor Alberto Nunes (UFC) pela orientação, ensinamentos e dedicação.

Aos amigos que a Oceanografia me deu Jordan Marques, Lucas Lima, Rafael Duarte, Ítele Eduardo, Yasmin Barros, Beatriz Uchoa, Camilo Ribeiro, Camena Costa por terem acompanhado e me apoiado nessa jornada.

A todos funcionários e estagiários do LANOA que viabilizaram várias etapas dessa pesquisa, em especial Sandra Maria Nascimento, Jordana Sampaio, Simone Pinheiro, Natália Pereira, Kalille Maia e José Stênio pela amizade e apoio.

E por fim ao LABOMAR-UFC por viabilizar minha graduação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Níveis de garantia, segundo o fabricante, das rações comerciais utilizadas no presente estudo	15
Tabela 2 Tabela alimentar utilizada no cultivo superintensivo do <i>L. vannamei</i>	16
Tabela 3 Médias (\pm DP), valores mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade de água.	20
Tabela 4 Desempenho zootécnico de juvenis do camarão <i>L. vannamei</i> cultivado em 25 tanques circulares de 7,96 m ³ (área de fundo de 5,31 m ²) sob 659 camarões/m ² durante 64 dias.....	25
Tabela 5 Comprimento e diâmetro dos pellets das rações utilizadas no presente estudo. Valores apresentados como média (\pm desvio padrão) de 30 leituras por parâmetro para cada tipo de ração.....	27

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) localizado no Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC). 11
- Figura 2** Procedimentos utilizados na aclimação, contagem e povoamento de pós-larvas 13
- Figura 3** Concentração de compostos nitrogenados (mg/L) na água ao longo de 64 dias de cultivo. 22
- Figura 4** Progressão no peso corporal dos camarões e peso corporal final (g, média \pm erro padrão) do *L. vannamei* após 64 dias de cultivo sob a densidade inicial de 659 animais/m² em função do tipo de ração empregada 26
- Figura 5** Dureza e estabilidade física das rações em água. Valores apresentados como média (\pm erro padrão) de 30 e 5 leituras por parâmetro para cada tipo de ração, respectivamente 28

RESUMO

A superintensificação dos sistemas de cultivo do *Litopenaeus vannamei* é uma resposta aos problemas relacionados a baixa biossegurança, sustentabilidade ambiental e econômica dos sistemas de cultivos anteriores, e atualmente novas técnicas estão sendo avaliadas a fim de maximizar os ganhos e diminuir os custos de produção. O presente estudo teve como objetivo acompanhar e descrever o processo de cultivo de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei*, realizado em tanques circulares no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Foram utilizados vinte cinco tanques circulares de 7,96 m³ (área de 5,31 m² x 1,50 m de profundidade) mantidos ao ar livre, cada um equipado com entrada e saída individual de água, com níveis de oxigênio mantidos próximos à saturação através de aeração constante e com recirculação e reuso de água durante todo cultivo. Um total de 87.500 indivíduos foram utilizados para povoar 25 tanques, contendo 3.500 indivíduos por tanque. A água de cultivo foi fertilizada com ração comercial moída e com um material fermentado resíduos de arroz e leveduras vivas o crescimento de bactérias heterotróficas antes e durante o cultivo. As médias (\pm desvio padrão; mínimo-máximo) de salinidade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e sólidos sedimentáveis na água dos tanques de cultivo alcançaram os valores 42 ± 2 g/L (n = 1.125), $7,24 \pm 0,58$ (n = 1.125), $29,6 \pm 1,30$ °C (n = 1.125), $3,75 \pm 0,62$ mg/L (n = 325), $0,64 \pm 0,45$ (n = 550) respectivamente, foram mantidas em um padrão considerado adequado para o cultivo da espécie *L. vannamei*. O nitrito manteve-se abaixo de 1 mg/L durante todo cultivo. Na despesca, a sobrevivência final foi de 82%, crescimento semanal de 1,17 g/semana, peso corporal de até 12,99, ganho de produtividade de 5.655 g/m² e FCA com média de 1,63. Concluiu-se que juvenis do camarão *L. vannamei* são capazes de suportar densidades de estocagem de até 659 camarões/m² sem comprometimento de sua sobrevivência e crescimento, e que o sistema de cultivo adotado foi eficiente para boa manutenção dos parâmetros de qualidade de água.

Palavras-Chave: carcinicultura; alta densidade; desempenho zootécnico.

ABSTRACT

The superintensification of *Litopenaeus vannamei* systems is a response to problems related to low biosafety, environmental and economic sustainability of previous cropping systems, and new techniques are currently being evaluated in order to maximize gains and decrease production costs. The objective of this study was to follow and describe the process of cultivation of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*, carried out in circular tanks at the Aquatic Organisms Nutrition Laboratory (LANOA) of the Center for Coastal Aquaculture Studies (CEAC) of the Institute of Marine Sciences Labomar / UFC). Twenty five circular tanks of 7.96 m³ (area of 5.31 m² x 1.50 m depth) were used outdoors, each equipped with individual inlet and outlet of water, with oxygen levels kept close to saturation through constant aeration and with recirculation and reuse of water during all cultivation. A total of 87,500 individuals were used to populate 25 tanks, containing 3,500 individuals per tank. The culture water was fertilized with ground commercial feed and with a fermented rice residues material and live yeasts the growth of heterotrophic bacteria before and during cultivation. The mean values (\pm standard deviation, minimum- maximum) of salinity, pH, temperature, dissolved oxygen and settleable solids in the water of the culture tanks were 42 ± 2 g / L (n = 1,125), $7,24 \pm 0,58 = 1.125$), 29.6 ± 1.3 ° C (n = 1,125), 3.75 ± 0.62 mg / L (n = 325) and $0,64 \pm 0,45$ (n = 550), respectively, were maintained in a standard considered suitable for *L. vannamei*. The nitrite was kept below 1 mg / L during all cultivation. The final survival rate was 82%, weekly growth of 1.17 g / week, body weight up to 12.99, productivity gain of 5,655 g / m² and FCA, mean of 1.63. It was concluded that juveniles of shrimp *L. vannamei* are able to withstand storage densities of up to 659 shrimp / m² without compromising their survival and growth, and that the cultivation system adopted was efficient for good maintenance of water quality parameters.

Key words: Shrimp farming; high density; zootechnical performance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Local do Estudo	11
2.2 Delineamento Experimental	11
2.3 Preparo dos Tanques	12
2.4 Recebimento, Aclimação e Povoamento de Pós-Larvas	12
2.5 Rações e Manejo Alimentar	14
2.4 Análises Físicas das Rações	16
2.5 Análise e Manejo dos Parâmetros de Qualidade de Água	17
2.6 Desempenho Zootécnico	18
2.7 Análise Estatística	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1 Qualidade de água	20
3.2 Desempenho Zootécnico dos Camarões.....	23
4 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O camarão branco do Pacífico, ou camarão cinza, é um crustáceo decápode, pertencente à família Penaeidae, classificado por Pérez-Farfante e Kensley (1997) como *Litopenaeus vannamei*. Essa espécie é nativa da porção leste do Oceano Pacífico, encontrada desde o México até o Peru, em profundidades entre 30 e 50 m, habitando tanto em regiões de baixa salinidade (1-2 g/L) quanto em áreas hipersalinas (40 g/L) (LIAO e CHIEN, 2011). O *L. vannamei* apresenta uma elevada rusticidade e tolerância a variações de parâmetros ambientais, tornando atrativo o cultivo dessa espécie com finalidades comerciais (LIAO e CHIEN, 2011).

A carcinicultura é uma atividade aquícola que tem se expandido nas últimas décadas em decorrência da grande demanda por alimentos de origem marinha e pelo esgotamento dos estoques pesqueiros (MORALES-COARRUBIA, 2014). No desenvolvimento da carcinicultura, o desempenho produtivo de várias espécies da família Penaeidae foi avaliado. O camarão tigre, *Penaeus monodon*, destacou-se, tornando-se a espécie mais cultivada a nível global (CHAMBERLAIN, 2011). Porém a partir de 2003, o cultivo do *L. vannamei* expandiu para países asiáticos (FAO, 2018). Isto deveu-se principalmente a programas de melhoramento genético que conferiram a espécie uma maior rusticidade e um crescimento mais rápido, associado a estoques livres de patógenos específicos (*SpecificPathogenFree*, SPF), (KENT *et al*, 2011).

A partir de então, teve início um processo de intensificação do cultivo do *L. vannamei* em países Asiáticos, mantendo um alto grau de biossegurança (ROCHA, 2006). Esses sistemas operam com viveiros pequenos (< 0,5 ha) com fundo recoberto com manta de PVC, altas taxas de aeração (> 25 cv/ha), sob densidade de estocagem superior a 120 camarões/m², operando com pouca ou nenhuma troca de água (BOYD e CLAY, 2002). Simultaneamente, estudos começaram a ser desenvolvidos para o cultivo da espécie em tanques compactos e cobertos (*indoor*), na presença de bioflocos (AVNIMELECH, 1999; McNEIL, 2000; MOSS, 2001).

O conceito do cultivo de camarões em bioflocos reside na manutenção do equilíbrio da relação carbono e nitrogênio (C:N) da água de cultivo para evitar o acúmulo de nitrogênio no sistema de produção (AVNIMELECH, 1999). O forte uso de aeração mecânica é essencial (BOYD e CLAY, 2002) para compensar a demanda adicional por oxigênio favorecido pelo aumento da comunidade bacteriana e das taxas de nitrificação (conversão de amônia em nitrato). A aeração intensa também permite que a matéria orgânica (fezes, restos não

consumidos de ração e fertilizantes) seja mineralizada ainda na coluna d'água, sem que ocorra sua sedimentação no ambiente de cultivo (MAIA *et al.*, 2012). Caso seja alcançado o equilíbrio da relação C:N, as reações de nitrificação ocorrem sob uma velocidade tal que não há efeito deletério para os camarões, mesmo quando submetidos a altas densidades de estocagem e taxas elevadas de alimentação.

Porém, estudos recentes têm convergido para um sistema híbrido que combina a recirculação da água (*Recirculating Aquaculture System*, RAS) com zero de descarga ou sistema de bioflocos. O princípio básico do RAS é o tratamento da água de descarga através de uma série de processos, podendo incluir a filtração física e mecânica, a biofiltração, a desinfecção e a oxigenação antes do retorno da água tratada para o sistema de cultivo (SUANTIKA *et al.*, 2018).

O presente estudo tem como objetivo avaliar o cultivo de juvenis de camarão em sistema de cultivo híbrido superintensivo com recirculação e reúso de água alimentados com diferentes tipos de ração comercial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Estudo

Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA), localizado no Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (Figura 1).

Figura 1 Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) localizado no Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC).



Fonte: Google (2018).

2.2 Delineamento Experimental

O delineamento amostral adotado neste estudo foi composto de 25 tanques cilíndricos com volume útil de $7,96 \text{ m}^3$ (área de $5,31 \text{ m}^2 \times 1,50 \text{ m}$ de profundidade), estrutura de aço galvanizado e lona de PVC (Vinitank®, Vini artefatos Comércio, Importação e Exportação Ltda., Embu, SP), mantidos em área aberta, semicobertos com tela de sombreamento, individualmente equipados com uma entrada e saída separada de água, aeração com duas mangueiras porosas, alimentador automático e bandeja de alimentação para o aferimento visual

de sobras. Os tanques de cultivo possuem duas linhas de conexões, uma para o abastecimento da água de reuso e outra para a drenagem dos efluentes destinada as caixas d'água responsáveis pela redução da quantidade matéria orgânica presentes na água de cultivo, através da sedimentação, para subseqüentemente retornar aos tanques.

2.3 Preparo dos Tanques

Os tanques foram submetidos a limpeza e desinfecção utilizando água doce e hipoclorito de cálcio à 65% de produto ativo diluído em água. Inicialmente, as paredes dos tanques receberam jatos de água sob pressão e foram lavadas e esfregadas utilizando esponja e cloro. Posteriormente, os tanques foram expostos a temperatura ambiente por 24 h, sendo então enxaguados com água salgada para remoção de resíduos. No dia subseqüente, os tanques foram abastecidos com água estuarina, pré-filtrada em filtro de areia (DRF-24, Dancor S.A. Indústria Mecânica, Campo Grande, RJ).

Previamente ao início do povoamento do sistema a água foi fertilizada para promover o crescimento e domínio de bactérias heterotróficas e nitrificantes, para isso foi aplicado em cada tanque 8,8g/m³ de ração de camarão moída contendo um mínimo de 35% de proteína bruta em combinação com um preparado fermentado composto por resíduos de arroz e leveduras vivas, que foi utilizado inicialmente para ser uma alternativa ao melaço como de fonte de carbono. Esse procedimento foi repetido três vezes semanais durante o primeiro mês de cultivo dos camarões. Este material fermentado foi substituído pelo melaço logo ao final do primeiro mês de cultivo uma vez que foi observado que a água dos tanques continuava com coloração esverdeada, oposto à amarronzada desejada, característica da dominância das bactérias heterotróficas no sistema.

Após a substituição, o melaço de cana de açúcar em pó (Indumel, Sertãozinho, SP) foi aplicado diariamente 6,3 g/m³ do material por tanque durante uma semana. Nas demais semanas, 6,3 g/de melaço foi aplicado para cada m³ de água de cultivo quando notado o esverdeamento desta.

2.4 Recebimento, Aclimação e Povoamento de Pós-Larvas

O camarão foi adquirido como PL10 (pós-larvas com 10 dias), de uma larvicultura comercial (Aquatec Aquicultura Ltda., Canguaretama, RN, lote 19982-983), transportados até

as instalações do laboratório por via terrestre. Em 29 de agosto de 2018, foram recepcionadas 110.000 mil pós-larvas 11 (PL 11, 194 PLs/g) em 11 embalagens plásticas duplas, lacradas, acomodadas individualmente em caixas de papelão revestidas internamente com isopor (Figura 2). Segundo o fornecedor os sacos plásticos foram preenchidos individualmente com 15 L de água na salinidade de 35 g/L, temperatura de 25 °C, 7,77 de pH, 148 mg/L CaCO_3 de alcalinidade, saturado com oxigênio dissolvido. Um atestado de sanidade animal foi emitido por um Médico Veterinário indicando a ausência de sinais característicos de doenças infectocontagiosas ou parasitárias (Guia de Trânsito Animal e-GTA RN 0311620D).

Figura 2 Procedimentos utilizados na aclimatação, contagem e povoamento de pós-larvas. A – Caixas d’água utilizadas para aclimatação das PL’s. B – separação das PL’s para pesagem. C – dispositivo inteligente portátil para avaliação rápida de inventário. D – PL’s sendo levadas aos tanques após contagem.



Fonte: o autor.

Na chegada ao laboratório, os camarões foram contados usando um dispositivo inteligente portátil para avaliação rápida de inventário (XperCount2, XpertSea, Québec,

Canadá). Na chegada ao laboratório, as PLs foram primeiramente aclimatadas à temperatura da água em um tanque de 1,0 m³ (Figura 2.A). Subsequentemente, cada saco foi aberto para libertar as PLs para um balde contendo água do mar limpa. As PLs foram capturadas com um pulsar e transferidas para o balde XperCount2 na quantidade total próxima de 1.000 PLs, exigindo de quatro a cinco contagens para completar a quantidade amostral de 4.000 PL's por tanque.

Após 55 dias de cultivo no término da fase berçário, todos os camarões foram despescados e distribuídos em cinco tanques cilíndricos com volume de 23,85 m³, onde após o período de uma semana foram contados e retornaram aos 25 tanques iniciais na densidade de 659 camarões/m² (3.500 camarões por tanque de cultivo), com a finalidade de redistribuir e homogeneizar a quantidade de camarões em cada tanque. Nesse caso, os camarões foram contados individualmente de forma manual e separados em amostras contendo 100 indivíduos e então a biomassa da amostra foi determinada utilizando uma balança de precisão (Ohaus Adventurer[®], modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, SP). Um total de 875 amostras contendo 100 animais foram pesadas. Para cada amostra tem-se uma biomassa média (\pm desvio padrão) estocada de 132,12 \pm 24,44 g, o peso corporal médio (\pm desvio padrão, mínimo-máximo) dos camarões alcançou 1,32 \pm 0,24 g (0,61 – 1,86 g).

2.5 Rações e Manejo Alimentar

Na fase de berçário, as pós-larvas de camarões foram alimentadas com uma ração comercial desintegrada, contendo um mínimo de 40% de proteína bruta (PB). Na etapa experimental subsequente, os animais passaram a ser alimentados com cinco rações comerciais peletizadas mais utilizadas para engorda de camarão marinho, todas fabricadas no Brasil. As rações foram identificadas como 100, 200, 300, 400 e 500 apenas para simples diferenciação e designados cinco tanques de cultivo para cada tipo de ração.

As rações comerciais apresentavam como nível de garantia indicadas no rótulo, um conteúdo de proteína bruta entre 38,0 e 40,0%, extrato etéreo entre 8,0 e 9,5%, matéria mineral entre 12,0 e 15,0 e fibra bruta com um máximo de 4,0% (Tabela 1). A umidade variou de 10,5 até 13,0%. Os aminoácidos essenciais, metionina, lisina e treonina apresentaram níveis entre 0,9 e 1,3, 2,3 e 2,8 e 1,4 e 1,6%, respectivamente. O conteúdo de cálcio variou entre 2,5 e 3,0%,

enquanto o mínimo de fósforo foi de 1,2%. A vitamina C não variou entre as rações, com uma concentração de 0,05%.

Nos tanques experimentais, a oferta de ração ocorreu de forma mecanizada e manual. Durante o período diurno, entre 08:00 e 16:00 h, a ração foi ofertada por meio dos alimentadores automáticos e por voleio, a cada intervalo de 1 hora. No período noturno, o alimento foi distribuído de forma mecânica, usando um dispositivo de alimentação automática (NUNES *et al.*, 2019), programado para distribuir a ração a cada hora. As refeições no período diurno e noturno representaram 60 e 40% da oferta diária total, respectivamente. Uma bandeja de alimentação com área de 707 cm² (30 cm x 5,4 cm; diâmetro x altura), foi posicionada abaixo de cada alimentador de forma a acompanhar o consumo alimentar no período noturno. Durante o período diurno, as bandejas foram retiradas dos tanques, a quantidade de sobras foi visualmente aferida, posteriormente foram lavadas, e recolocadas nos tanques.

Tabela 1 Níveis de garantia, segundo o fabricante, das rações comerciais utilizadas no presente estudo. Valores apresentados na base natural (% ou mg/kg da ração).

Nutriente	Ração Comercial				
	100	200	300	400	500
Proteína bruta (% , mín.)	38,0	38,0	38,0	38,0	40,0
Extrato etéreo (% , mín.)	9,5	9,0	8,5	8,5	8,0
Fibra bruta (% , máx.)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Matéria mineral (% , máx.)	15,0	12,0	12,0	12,0	15,0
Umidade (% , máximo)	13,0	13,0	13,0	13,0	10,5
Metionina (% , mín.)	0,9	0,9	1,3	1,1	1,0
Lisina (% , mín.)	2,3	2,5	2,7	2,7	2,8
Treonina (% , mín.)	-	-	1,6	1,5	1,6
Cálcio (% , min.-máx.)	2,0-3,0	2,0-3,0	2,5	2,7	2,5
Fósforo (% , mín.)	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2
Vitamina C (% , mín.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

As refeições diárias foram calculadas seguindo taxas de alimentação baseadas na fórmula: $RF = 0,0931PC^{0,6200}$, onde RF é a estimativa da quantidade máxima de ração que pode

ser ingerida diariamente por um camarão em função de seu peso corporal (PC; NUNES e PARSONS, 2000). Foi aplicada uma taxa de restrição sobre a RF calculada de 30% (Tabela 2).

As refeições foram ajustadas diariamente, assumindo uma queda semanal de 0,5% na sobrevivência dos camarões em todos os tanques de cultivo. As rações foram ajustadas semanalmente através de biometrias, realizadas semanalmente no 8º, 16º, 22º, 29º, 36º, 43º, 50º e 57º dias de cultivo. A cada biometria, um total de 20 camarões por tanque foi pesado em balança de precisão (Ohaus Adventurer®, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, SP) para determinar o peso médio populacional. Até a próxima verificação de peso, a ração aumentou, tomando como base o crescimento diário médio dos camarões observado na semana anterior, obedecendo a uma queda semanal fixa de 0,6% na sobrevivência.

Tabela 2 Tabela alimentar utilizada no cultivo superintensivo do *L. vannamei*.

Peso Corporal (PC, g)		Taxa Alimentar (% do PC)	Dias de Cultivo		Sobrevivência Estimada (%)
Inicial	Final		Inicial	Final	
1,00	2,00	5,70	1	7	99,76%
2,00	3,00	4,65	8	15	99,16%
3,00	4,00	5,83	16	23	98,52%
4,00	5,00	5,29	24	31	97,88%
5,00	6,00	4,89	32	39	97,24%
6,00	7,00	4,59	40	47	96,60%
7,00	8,00	3,03	48	55	95,96%
8,00	9,00	2,90	56	63	95,44%
9,00	10,00	2,78	64	71	94,68%
10,00	11,00	2,67	72	79	-
11,00	12,00	2,58	-	-	-

3.4 Análises Físicas das Rações

As seguintes análises físicas foram realizadas com as rações utilizadas no estudo: (1) dureza (resistência ao esmagamento); (2) diâmetro e o comprimento dos *pellets*; (3) teor de umidade; e, (4) estabilidade física em água. A resistência dos *pellets* foi determinada com um medidor de dureza de Kahl (AmandusKahl GmbH & Co, Hamburgo, Alemanha), operado

manualmente (Figura 1). A resistência foi medida em kg e realizada individualmente com 30 *pellets* de cada ração. O diâmetro e comprimento dos *pellets* foram medidos com um paquímetro eletrônico.

O conteúdo de umidade das rações foi determinado utilizando 5 amostras de 3g de cada ração utilizada, resultando 25 amostras que foram pesadas e posteriormente passaram por um processo secagem a 105°C em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP) e após 72 h foram retiradas da estufa e pesadas novamente.

A estabilidade da ração na água foi medida utilizando um agitador orbital. Inicialmente, 25 g de cada ração experimental foi transferida para Erlenmeyer de 250 mL com 100 mL de água do mar a 35 g/L de salinidade. O Erlenmeyer foi posicionado no agitador orbital (Incubadora Lac-ISR-1000, Láctea, São Paulo), este ajustado para funcionar a 200 ± 15 rpm por 30 minutos. Após este período, a amostra de ração foi transferida para uma peneira com malha Tyler # 20 (equivalente a 0,85 mm).

O excesso de água nas amostras foi drenado, lavando-se a amostra retida na peneira de 0,85 mm, com água destilada. A amostra retida foi submetida a secagem a 130 °C durante 24 h em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP). A estabilidade da dieta em água (%) foi determinada pela fórmula: peso final da amostra seca \div peso inicial da amostra (25 g). Para ajustar a umidade inicial, o valor final obtido foi multiplicado pelo teor de umidade inicial da ração. O peso seco da dieta refere-se ao peso da ração após secagem em estufa a 105°C durante 72 h.

3.5 Análise e Manejo dos Parâmetros de Qualidade de Água

Os parâmetros de qualidade da água foram medidos uma vez ao dia, durante todos os dias de cultivo (com exceção apenas nos domingos), a partir de 09:00 h em todos os tanques. Os parâmetros foram aferidos utilizando um refratômetro para determinar a salinidade e um pHmetro para aferir o pH e a temperatura da água. Os sólidos sedimentáveis (SS) foram medidos 3 vezes por semana utilizando cones de Imhoff (J. Porlab Indústria e Comércio de Produtos para Laboratório Ltda., São José dos Pinhais, Paraná) seguindo a metodologia proposta por Eaton *et al* (2012). O oxigênio dissolvido (OD) foi determinado com um oxímetro

(YSI 550A DO Instrument, YSI Incorporated, Yellow Springs, EUA) a partir do 47º dia de cultivo.

Foram realizadas também medições de amônia não ionizada dissolvida, nitrito dissolvido e nitrato, no 15º, 36º, 48º e 63º dias de cultivo. A cada dia de análise, foram escolhidos três pontos de leitura, no abastecimento de água de um tanque aleatório de cultivo, em um tanque aleatório de cultivo e no reservatório de sedimentação de sólidos. No 44º e 49º dias de cultivo foi aferida a alcalinidade de 3 tanques aleatórios no cultivo, a medição desse parâmetro só foi realizada nesse período após a verificação da queda dos valores de pH da água de cultivo. A amônia não ionizada, nitrito, nitrato e alcalinidade foram analisados utilizando um espectrofotômetro e kits comerciais de acordo com método recomendado pelo fabricante (DR 2800 Spectrophotometer, HachCompany, Loveland, EUA).

3.6 Desempenho Zootécnico

Os camarões foram despescados após 64 dias de cultivo. Na despesca, os camarões foram contados individualmente. Um total de 200 animais de cada tanque foi pesado individualmente em balança eletrônica com 0,01 g de precisão. Os demais camarões sobreviventes de cada tanque foram pesados em conjunto e contados para determinar o peso médio corporal. Com estes dados, foram determinados os seguintes parâmetros:

1. Biomassa adquirida (g) = biomassa final (g) – biomassa inicial (g);
2. Sobrevivência final (%) = (número final de camarões ÷ número inicial de camarões) x 100;
3. Fator de conversão alimentar (FCA) = consumo de ração aparente por tanque ÷ biomassa adquirida por tanque;
4. Ganho de peso corporal semanal (GPS, g/semana) = ((peso corporal final – peso corporal inicial) ÷ dias de cultivo) x 7;
5. Produtividade final (g/m²) = biomassa final (g) ÷ área do tanque (m²);
6. Ganho de produtividade (g/m²) = biomassa adquirida (g) ÷ área do tanque (m²).

3.7 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o programa IBM®SPSS®*Statistics*, versão 23 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA). A Análise de Variância Univariada (ANOVA) foi aplicada para comparar as médias dos parâmetros físicos das rações, dos parâmetros de qualidade de água e do desempenho zootécnico dos camarões. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre tratamentos, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade de água

A salinidade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e sólidos sedimentáveis não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos durante o cultivo e estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 Médias (\pm DP), valores mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade de água como temperatura ($^{\circ}$ C), pH, salinidade, oxigênio dissolvido ($\text{mg} / \text{L}^{-1}$) e sólidos sedimentáveis ($\text{mL} / \text{L}^{-1}$) dos tanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema híbrido com reuso de água.

Parâmetro	Média (DP)	Mínimo	Máximo
Temperatura	29,7 (\pm 0,59)	27,5	32
pH	7 (\pm 0,56)	6,5	8,3
Salinidade	42 (\pm 1,24)	39	46
O ₂ D	3,7 (\pm 0,59)	2,18	5,33
SS	0,64 (\pm 0,45)	0,00	3,50

O₂D = Oxigênio Dissolvido, SS= Sólidos Sedimentáveis.

No cultivo de camarão sob diferentes densidades de estocagem é possível que o aumento das densidades reflète na queda do pH ao longo do ciclo. Isso se deve à maior entrada de ração no sistema, metabólitos e conseqüentemente rápido acúmulo do material em suspensão (DECAMP *et al.*, 2007).o pH da água exibiu uma queda durante o cultivo dos camarões. A partir do 23º dia de cultivo, o pH alcançou 6,99, com quedas pontuais que chegaram a mínima de 6,5 mantendo-se nesse patamar até a despesca dos camarões.

O *L. vannamei* é capaz de tolerar uma extensa faixa de salinidade pela sua capacidade de osmoregulação (NUNES, 2001), entretanto o nível desse parâmetro para o crescimento ótimo em juvenis desta espécie, em temperatura aproximada de 26°C, é entre 14,7 e 31,1 ppm, afirma HERNANDÉZ *et al.*(2006). Neste estudo as altas salinidades, com médias chegando a média de 42 ± 2 g/L, podem ter influenciado diretamente o crescimento dos animais, pois esse parâmetro influencia aspectos fisiológicos importantes, como eficiência metabólica, consumo de oxigênio, excreção de amônia, tendo impacto direto no consumo do alimento e conseqüentemente no crescimento (ZHANG *et al*, 2009).

Os valores de temperatura observadas durante o experimento estiveram dentro de média $29,6 \pm 1,3$ °C ($n = 1.125$) estando dentro da temperatura ótima para o cultivo do camarão branco do Pacífico estaria em torno de 25 a 30 °C (PONCE-PALAFIX *et al.*, 1997).

Em cultivos com sistema superintensivos a alcalinidade tende a ser um fator que pode variar devido a ação das bactérias nitrificantes que oxidam o íon amônio a nitrato (Chen *et al.*, 2006), no último mês de cultivo deste estudo, a alcalinidade da água alcançou um valor médio de 96 mg/L de CaCO_3 , com um mínimo e máximo de 63 e 119 mg/L, valores que correspondem a níveis aceitáveis sem comprometer o desempenho zootécnico dos camarões (PIÉRRRI *et al.*, 2015). Entretanto o pH e a alcalinidade da água foram controlados por aplicações de bicarbonato de cálcio no último mês de cultivo para manter-se próximo a neutralidade e com níveis de alcalinidade superior a 100 mg/L, que é o indicado para que os animais possam ter crescimento satisfatório (VAN WYK e SCARPA, 1999, EBELING *et al.*, 2006, PIÉRRRI, 2015).

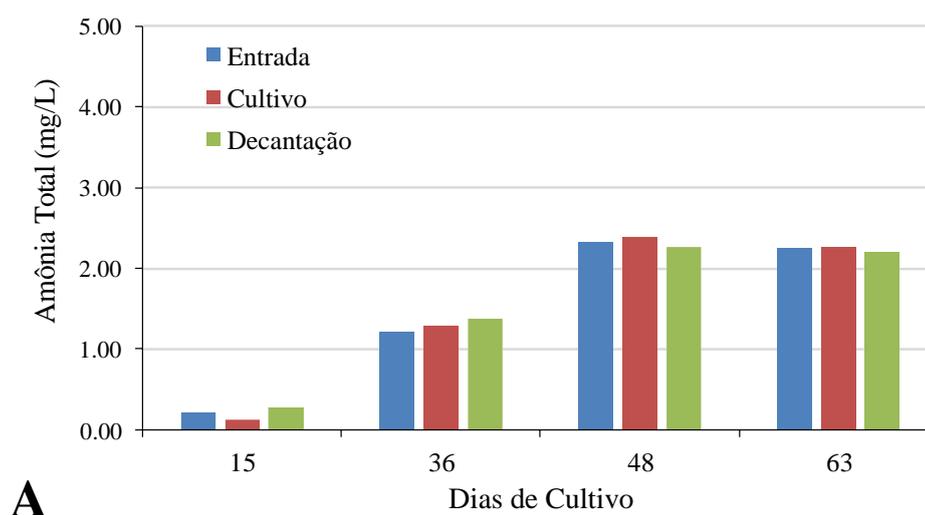
A presença de aeração artificial em cultivos superintensivos de *L. vannamei* é fundamental uma vez que a ausência desse sistema de aeração pode reduzir as concentrações de oxigênio a níveis letais em apenas 34 minutos (VINATEA *et al.*, 2009). Os valores das médias de oxigênio dissolvido não tiveram variação significativa entre os tratamentos alimentares, obtendo média e desvio padrão de $3,7 \pm 0,59$ (Tabela 3). Entretanto o sistema de aeração utilizado não apresentou eficiência na manutenção do oxigênio dissolvido do cultivo, chegando a medições inferiores a 3,0 mg/L, que é o considerado crítico para sobrevivência dos camarões (VAN WYK e SCARPA, 1999). Estes valores baixos de oxigênio dissolvido podem estar relacionados à densidade elevada do sistema, já que tanto os camarões como microrganismos heterotróficos o utilizam para as suas funções metabólicas (KRUMMENAUER *et al.*, 2016).

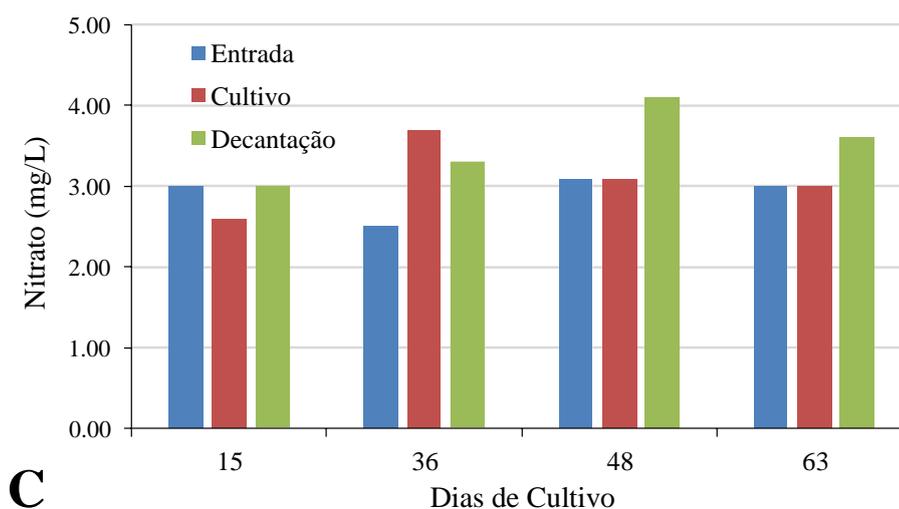
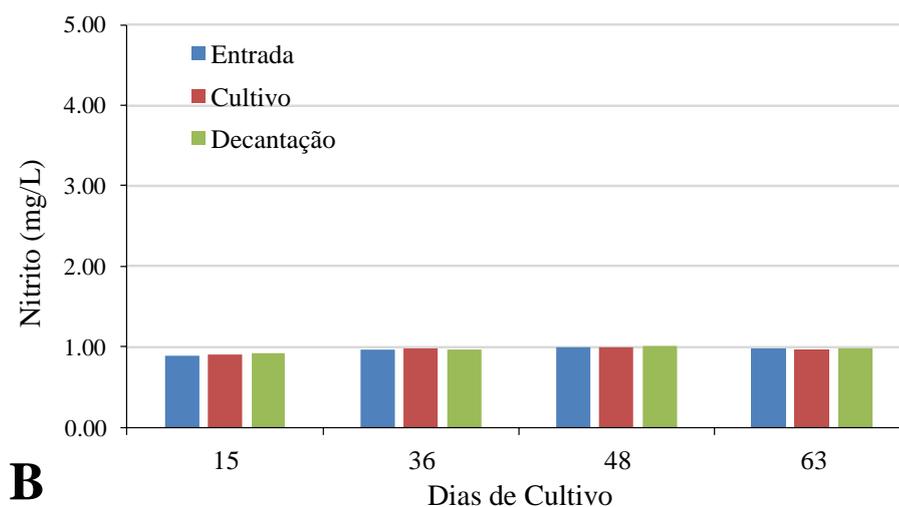
A presença de sólido sedimentáveis (SS) pode indicar a presença de detritos oriundos das fezes dos animais, sobras de ração e da formação de flocos microbianos, todos esses componentes indicam a presença de material orgânico que em excesso pode prejudicar a qualidade da água para o crescimento e sobrevivência dos animais. Schweitzer *et al.* (2013), afirma que a presença de sólido sedimentáveis acima de 15 mL/L^{-1} pode provocar a obstrução das brânquias atrapalhando ou impedindo a respiração dos indivíduos. Neste experimento a mínima, máxima e média (\pm desvio padrão) da quantidade de SS presentes no cultivo foram, respectivamente, 0,00, 3,50 e $0,64 (\pm 0,45) \text{ mL/L}^{-1}$, estando bem abaixo que valor que seria

prejudicial aos camarões (AVNIMELECH *et al.*, 2009; SCHVEITZER *et al.*, 2013,), o que evidencia a eficiência do sistema de remoção excessivo de material orgânico.

A concentração de compostos nitrogenados variou em função do dia de cultivo e pontos de coleta (Figura 3). A amônia total apresentou-se baixa no 15º dia de cultivo, porém valores acima de 1 mg/L foram detectados já a partir do 36º dia de cultivo. Um pico na leitura desse parâmetro foi detectado no 48º dia de cultivo, mantendo-se acima de 2 mg/L até o término do experimento. O nitrito manteve-se abaixo de 1 mg/L durante todo o cultivo dos camarões, não apresentando ampla variação entre os pontos de coleta. O nitrato apresentou uma leve tendência de acumulação durante o cultivo dos camarões, geralmente apresentando valores mais elevados no reservatório de decantação em comparação aos pontos de entrada de água e no interior do tanque de cultivo. Porém, os valores mantiveram-se sempre abaixo de 4,0 mg/L, indicando que os processos de nitrificação e a remoção de material orgânico do sistema estavam ocorrendo. Os valores observados para os compostos nitrogenados apresentaram-se abaixo de concentrações consideradas tóxicas para os camarões marinhos (VAN RIJN *et al.* 2006; KUHN *et al.* 2010).

Figura 3 Concentração de compostos nitrogenados (mg/L) na água ao longo de 64 dias de cultivo. Foram realizadas análises no abastecimento de água de um tanque aleatório de cultivo, em um tanque aleatório de cultivo e no tanque de decantação de sólidos. A – Amônia durante o cultivo. B – Nitrito durante o cultivo. C – Nitrato durante o cultivo.





3.2 Desempenho Zootécnico dos Camarões

O desempenho do crescimento dos camarões após 64 dias de cultivo está apresentado na Tabela 4. Neste experimento sobrevivência final dos camarões alcançou valores de $84,2 \pm 12,3\%$ para o tratamento 100 (Tabela 4), enquanto RAY *et al.*, (2017) e XU *et al.*, (2018) obtiveram, respectivamente, $78 \pm 4,3\%$ e $98 \pm 2,62$, sendo o último com maior taxa de sobrevivência entretanto operou na densidade de aproximadamente 443 camarões/m². A sobrevivência final não foi afetada pelo tipo de ração utilizada ($P > 0,05$),(Tabela 4). O

crescimento semanal não foi estatisticamente diferente, entre as rações com uma média de $1,17 \pm 0,14$ g.

A produtividade final superou foi a $6,3 \text{ kg/m}^2$, independente do tipo de ração como indicado na tabela 4. A produtividade dos camarões alimentados com a ração 300 chegou a $6.892 \pm 314 \text{ g/m}^2$, porém não foi significativamente diferente entre as demais rações (Tabela 4). Da mesma forma, o ganho de produtividade alcançou uma média de $5.655 \pm 436 \text{ g/m}^2$, não sendo influenciado pelo tipo de ração empregado. O consumo médio de ração foi $14,0 \pm 1,2 \text{ g/camarão}$ (Tabela 4). O fator obteve resultado de conversão alimentar (FCA) de $1,63 \pm 0,08$, Silva *et al.*, (2013) testou o desempenho de juvenis de *L vannamei* em diferentes densidades e observou que para cultivos em densidades de 300, 450 e 600 camarões/m² obteve FCA de $1,66 \pm 0,4$, $1,72 \pm 0,3$ e $2,12 \pm 0,3$, respectivamente, concluindo que o aumento da densidade influenciava negativamente na sobrevivência dos camarões. Em estudos mais recentes, que também operaram em sistemas heterotróficos superintensivos, Ray *et al.*, (2017) e Xu *et al.* (2018) os valores do FCA atingiram $1,8 \pm 0,1$ e $1,5 \pm 0,05$. Portanto o crescimento dos camarões pode ser considerável aceitável mediante as condições de densidade a que estavam sujeitos.

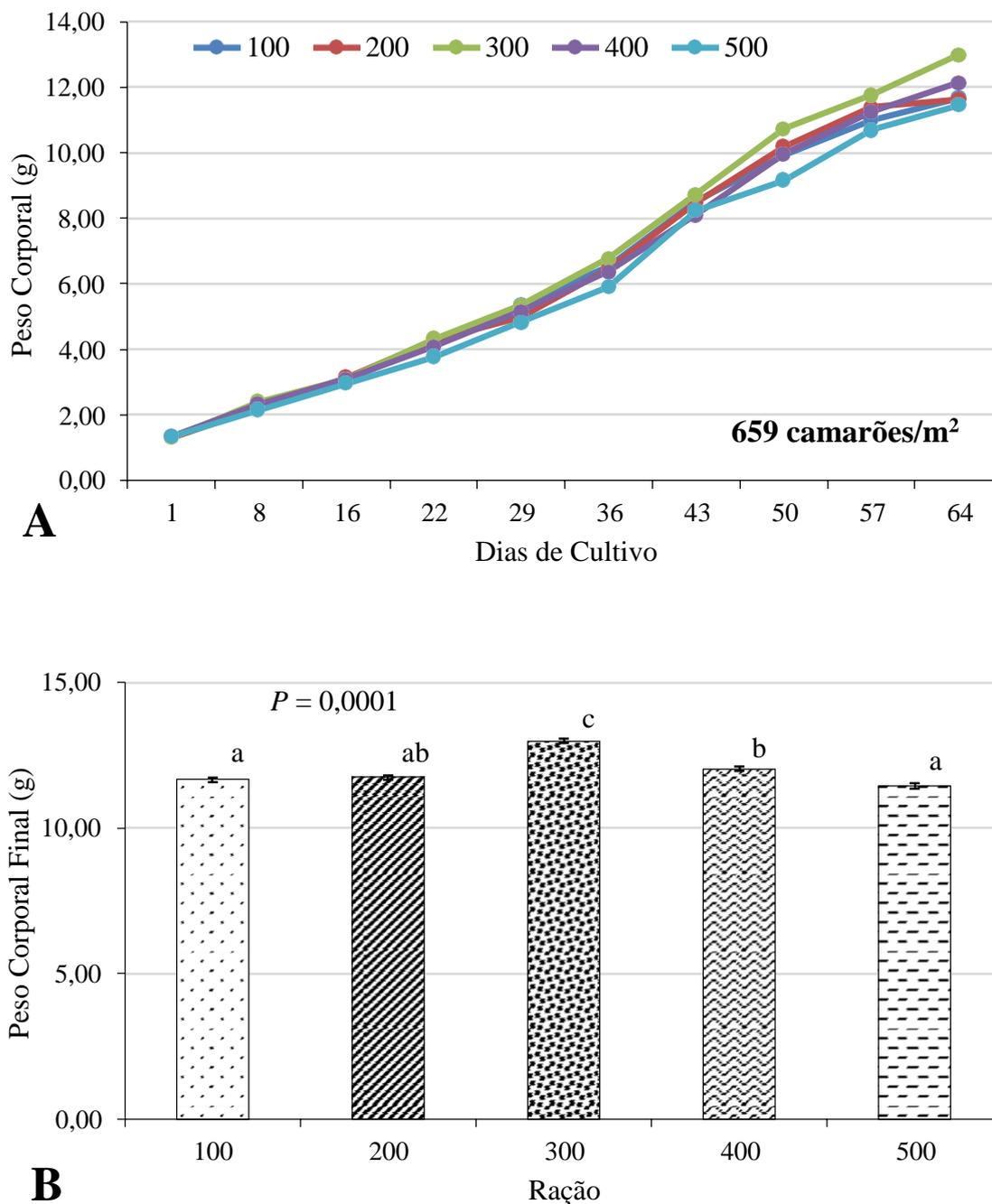
Houve um aumento progressivo e contínuo no ganho de peso corporal dos camarões ao longo do cultivo (Figura 4). As diferenças no peso corporal em função do tipo de ração somente começaram a se diferenciar a partir do 50º dia de cultivo onde o tratamento 300 se sobressaiu nesse a, com camarões acima de 9 g. Na despesca, o peso corporal dos camarões superou 11 g, apresentando diferença estatisticamente significativa em função do tipo de ração utilizada (Tabela 4). Os camarões alimentados com a ração 300, seguida da 400, foram os que exibiram maior peso corporal, de $12,99 \pm 0,08$ e $12,03 \pm 0,08$ g, respectivamente. Os camarões alimentados com as rações 100, 200 e 500 não exibiram diferença no peso corporal final ($P > 0,05$)

Tabela 4 Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivado em 25 tanques circulares de 7,96 m³ (área de fundo de 5,31 m²) sob 659 camarões/m² durante 64 dias. Valores apresentados como média (\pm desvio padrão) de cinco tanques de cultivo. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa, segundo o teste de Tukey HSD ao nível de $\alpha = 0,05$.

Parâmetros Zootécnicos	Ração					Média \pm DP	PSig.
	100	200	300	400	500		
Peso corporal inicial (g) ¹	1,32 \pm 0,24	1,30 \pm 0,24	1,31 \pm 0,23	1,34 \pm 0,25	1,34 \pm 0,26	1,32 \pm 0,24	0,303
Sobrevivência final (%)	84,2 \pm 12,3	83,1 \pm 8,1	78,4 \pm 4,7	81,3 \pm 5,4	83,0 \pm 1,9	82,0 \pm 7,0	0,757
Crescimento (g/semana)	1,13 \pm 0,11	1,14 \pm 0,18	1,28 \pm 0,09	1,17 \pm 0,16	1,11 \pm 0,14	1,17 \pm 0,14	0,349
Produtividade final (g/m ²)	6.312 \pm 255	6.508 \pm 293	6.892 \pm 314	6.465 \pm 457	6.454 \pm 676	6.526 \pm 438	0,308
Ganho de produtividade (g/m ²)	5.442 \pm 268	5.654 \pm 294	6.029 \pm 300	5.580 \pm 434	5.571 \pm 674	5.655 \pm 436	0,274
Consumo de ração (g/camarão)	14,1 \pm 0,9	14,1 \pm 1,4	14,6 \pm 1,2	13,8 \pm 1,1	13,2 \pm 1,2	14,0 \pm 1,2	0,436
FCA	1,71 \pm 0,05	1,64 \pm 0,08	1,60 \pm 0,09	1,63 \pm 0,06	1,57 \pm 0,06	1,63 \pm 0,08	0,057

¹ $n = 35$ pesagens com 100 camarões cada por tratamento experimental

Figura 4 Progressão no peso corporal dos camarões e peso corporal final (g, média \pm erro padrão) do *L. vannamei* após 64 dias de cultivo sob a densidade inicial de 659 animais/m² em função do tipo de ração empregada. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de $\alpha = 0,05$. A - Gráfico em linha expressando dias de cultivo x peso corporal. B - Gráfico em barra expressando ganho de peso corporal por tratamento.



3.3 Qualidade Física das Dietas

Não houve diferença estatisticamente significativa na umidade entre as rações ($P > 0,05$). As rações apresentaram um teor médio de umidade de $10,37 \pm 1,45\%$, estando dentro

dos valores de 7 e 10%, que é o nível recomendado pela literatura, já que valores menores que 6% indicam secagem excessiva e acima de 13% diminui a durabilidade da ração na embalagem, o que pode prejudicar na qualidade nutricional do alimento (CUZON e GUILLAUME, 1994).

Todos os tratamentos, com exceção da ração 500, apresentaram diâmetro e comprimento maior que o recomendado pela literatura, Tam e Dominy (1997) recomendam que para camarões entre 4 e 10 g *pellets* cilíndricos de 2,2 x 2,5 mm e entre 10 e 20 g *pellets* cilíndricos de 2,2 x 5,0 mm, respectivamente, e para Nunes *et al* (1997) para camarões 4 e 14 g diâmetro e comprimento menor que 1,3 e 2,3 mm. Tanto o comprimento como o diâmetro dos *pellets* variaram estatisticamente em função do tipo de ração (Tabela 5). A ração 500 apresentou o menor comprimento e diâmetro em relação as demais rações. As rações 100 e 400 foram a que apresentaram o maior comprimento, acima de 6,4 mm. Comparativamente, a ração 300 foi a que apresentou o maior diâmetro, de 3,88 mm e relacionando esses resultados com o desempenho zootécnico foi a que obteve o pior resultado para sobrevivência final e maior peso corporal final, evidenciando a presença de heterogeneidade no peso individual dos camarões, já que apenas os camarões maiores conseguiram se alimentar eficientemente, o que corrobora com a literatura quanto a eficiência de diâmetros aproximados a 2,50 mm (TAN *et al*, 1997; NUNES *et al*, 1997).

Tabela 5 Comprimento e diâmetro dos pellets das rações utilizadas no presente estudo. Valores apresentados como média (\pm desvio padrão) de 30 leituras por parâmetro para cada tipo de ração. Letras iguais na mesma coluna indicam diferença estatística não significativa segundo o teste a posteriori de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05.

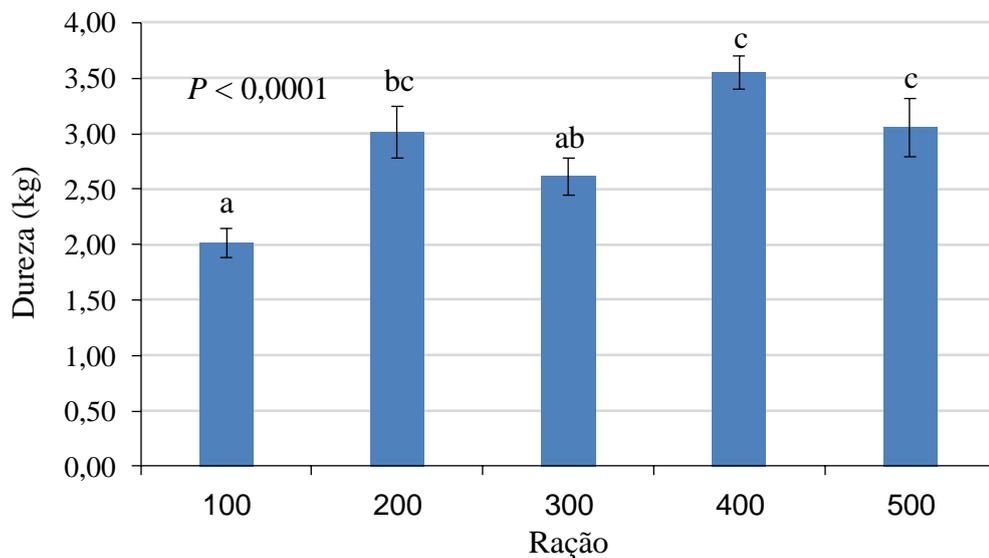
Ração	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)
100	6,41 \pm 1,02 ac	2,64 \pm 0,91 a
200	6,64 \pm 1,18 ac	2,58 \pm 0,83 a
300	5,84 \pm 0,99ab	3,88 \pm 1,31 b
400	6,76 \pm 1,51 c	2,64 \pm 0,06 a
500	5,56 \pm 0,97b	2,13 \pm 0,08 c
ANOVA P	< 0,0001	< 0,0001

A dureza e a estabilidade física das rações em água variaram de forma significativa (Figura 5). As rações 400 e 500 apresentaram a maior dureza, de 3,55 \pm 0,80 e 3,06 \pm 1,45 kg, respectivamente. Comparativamente, a ração 100 alcançou apenas 2,02 \pm 0,72 kg de dureza,

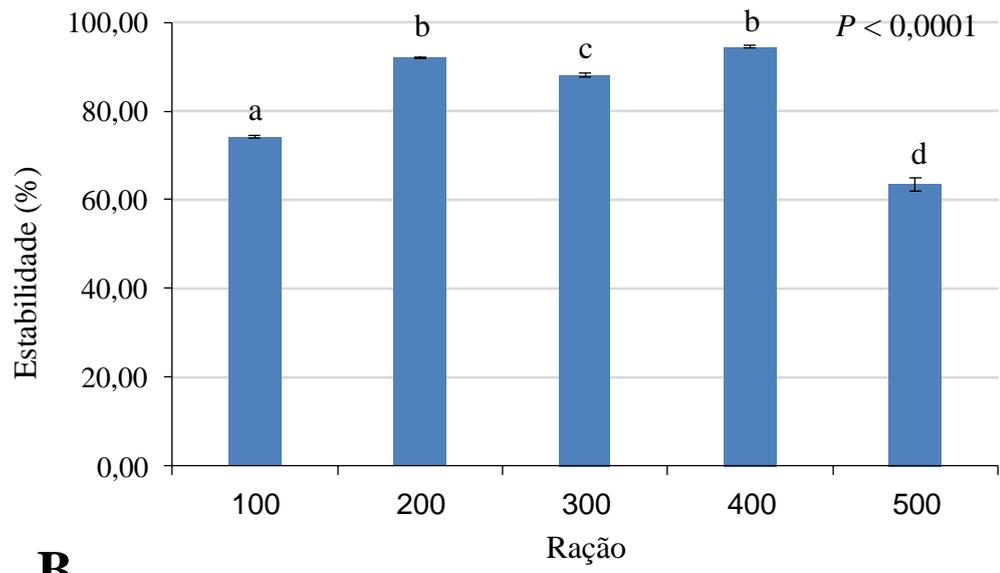
significativamente menor em relação as rações 400 e 500. Contudo, não houve uma relação proporcional entre a dureza e a estabilidade física em água.

A estabilidade física de rações comerciais é um parâmetro muito importante para o cultivo do *Litopenaeus vannamei*, pois se o processo de lixiviação dos *pellets* na água for muito rápido haverá perda de nutrientes e vitaminas antes que o camarão o perceba através do seu olfato, além disso, os camarões têm hábito alimentar de utilizar os pereiópodos para agarrar o *pellet* da ração e levá-lo até a boca (NUNES, 2000). A ração 500, por exemplo, alcançou a menor estabilidade física entre todas as rações, de $64,45 \pm 3,55\%$ comparado com $92,04 \pm 0,45$ e $94,42 \pm 0,58\%$ das rações 200 e 400, respectivamente.

Figura 5 Dureza e estabilidade física das rações em água. Valores apresentados como média (\pm erro padrão) de 30 e 5 leituras por parâmetro para cada tipo de ração, respectivamente. Letras iguais na mesma coluna indicam diferença estatística não significativa segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05. A – Gráfico em barra expressando Dureza x por ração. B – Gráfico em barra expressando Estabilidade x por ração.



A

**B**

4 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que juvenis do camarão *L. vannamei* são capazes de suportar densidades de estocagem de até 659 camarões/m² sem comprometimento de sua sobrevivência e crescimento. Essa densidade proporcionou uma elevada média de sobrevivência, crescimento e produtividade final equivalente a 82%, 1,32 g/semana e 6,5 kg/m², respectivamente.

O cultivo dos camarões foi realizado em um sistema híbrido que operou com a recirculação contínua de água para permitir a decantação e remoção de sólidos em suspensão. Isso permitiu uma estabilidade na concentração de compostos nitrogenados, não sendo necessário manter o sistema em regime heterotrófico.

Todas as cinco rações comerciais utilizadas proporcionaram um desempenho zootécnico adequado aos camarões, tendo sido observado diferença apenas no peso corporal final. O fator de conversão alimentar (FCA) alcançado ainda é considerado elevado, da ordem de 1,63, porém dentro da média obtido em estudos anteriores realizados sob alta densidade de camarões. Os camarões foram alimentados em períodos contínuos de 24 h e as rações apresentaram elevada estabilidade em água. Portanto, o alto FCA aparentemente não está associado ao manejo alimentar ou a lixiviação de matéria seca. Pode haver uma associação com o perfil genético dos animais utilizados já que os mesmos são reproduzidos para apresentarem resistência e não rápido crescimento. A alta salinidade da água de cultivo, com valores acima de 40 g/L podem também ter contribuído para uma menor eficiência alimentar já que nessas condições há um maior gasto energético para o processo de osmoregulação.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA J. L. R. Efeito da granulometria de rações sobre o desempenho zootécnico de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei*. 2017. 24 p. **Trabalho de conclusão de curso de Oceanografia** – Instituto de ciências do mar, Universidade Federal do Ceará, 2017.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p.227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Biofloc technology: A practical guide book. Baton Rouge, Louisiana - United States, **The World Aquaculture Society**. 182 p.2009.
- BOYD C. E.; CLAY J.W. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. **Work in Progress for Public Discussion**. Published by the Consortium. 2002. 17 p.
- CASTRO, L. F. Estudo da densidade de estocagem do camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei*, em cultivo heterotrófico e autotrófico. 2010. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- CHAMBERLAIN, G. H. History of shrimp farm - Summarized from the shrimp book. **Global Aquaculture Advocate**. v. 20, p. 30-31, 2011.
- CHEN, SL., LING, J. and BLANCHETON, JP.,. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v. 34, no. 3, p. 179-197. 2006
- CUZON, G., GUILLAUME, C., Composition, preparation and utilization of feeds for Crustacea. **Aquaculture**. v.124, p. 253-267. 1994
- DECAMP, O.E.; CONQUEST, L.; CODY, J.; FORSTER, I. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.38, p. 395-406, 2007.
- EATON, AD, LS CLESERCI, AE GREENBERG. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 10th edition. **Amer. Public. Health Assoc. (APHA)**, Washington D.C.2012.
- EBELING, J, M.; TIMMONS, M, B; e BISOGNI, J, J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 346-358. 2006
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018** - Meeting the sustainable development goals. Rome. FAO, 2018.

GUERRELHAS A. C. B.; TEIXEIRA A. P.; ALPOIMC.; GODOY E. Cultivo intensivo: pode ser a solução para o aumento da produção da carcinicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 21, n. 123, p. 52-57, 2011.

HERNANDÉZ, M. R.; BUCKLE, L. F. R.; PALACIOS, E. And BARÓN, B. S. Preferential behavior of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) by progressive temperature–salinity simultaneous interaction. **Journal of Thermal Biology**, v 31, n 7, p. 565-572. 2006

KENT ML, BUCHNER C, WATRAL VG, SANDERS JL, LaDu J, PETERSON TS, Tanguay RL. Development and maintenance of a specific pathogen free (SPF) zebrafish research facility for *Pseudolomanephilia*. **Dis. Aquat. Org.** v95, p. 73-79. 2011.

KUHN, DD, SA SMITH, GD BOARDMAN, MW ANGIER, L MARSH & GJ FLICK. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture**, 309: 109 -114, 2010.

KRUMMENAUER, D., ADVENT, B., GAONA, C.A.P., FÓES, G., SILVEIRA, L.G.P., MOURA, P.S., POERSCH, L.H., WASIELESKY, W.J. Sistemas de injetores de ar nos cultivos superintensivos em meio aos bioflocos. **Panorama da Aquicultura** 155, 24–31. 2016.

LIAO, C.; CHIEN, Y. The Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Asia: The World's Most Widely Cultured Alien Crustacean. In: Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts. Volume 6 of the series Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, p. 489-519, 2011.

MAIA E.P.; MODESTO G.A.; BRITO L.O.; GÁLVEZ A.O. Crescimento, sobrevivência e produção de *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo. **Artigo Original Piscicultura**, Recife, v. 17, n. único, p. 15-19, 2012.

McNEIL, R. 2000. Zero exchange, aerobic, heterotrophic systems: key considerations. **Global Aquaculture Advocate**, 3(3):72–76.

McINTOSH, R.; CARPENTER, N. **Mudando paradigmas da carcinicultura**. Revista da ABCC, v. 21, n. 1, p. 30- 36, 2000.

MELO, F. P. *et al.* Cultivo do camarão marinho com bioflocos sob diferentes níveis de proteína com e sem probiótico. **Rev. Caatinga, Mossoró**, v. 28, n. 4, p. 202-210.2015.

MORALES-COVARRUBIA, M. S. Enfermidades bacterianas (cap. 3), p. 137-152. **In:Patologia e Inmunología de Camarones Penaeidos**. OIRSA, Panamá, Rep. Panamá, 382 p, 2014.

MOSS, S.M. Biosecure zero-exchange systems for intensive shrimp culture: past experiences, biocomplexity challenges, future opportunities. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, **Agricultural Research Service**.2001.

NUNES, A. J. P.; GESTEIRA, T. C. V.; GODDARD, S. Capacidade e comportamento manipulativo do camarão “rosa” *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea, Penaeidae)

na presença de ração peletizada, em condições de laboratório. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, vol. 24, n. especial, p. 11-20, 1997.

NUNES A. J. P., PARSONS G. J. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 187, p. 133-151, 2000.

NUNES A. J. P. O cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas oligohalinas. **Panorama da Aquicultura**, v. 11, n. 66, p. 17-24. 2001

NUNES, A.J.P., SABRY-NETO, H., DA SILVA, F.H.P. et al. Multiple feedings enhance the growth performance and feed efficiency of juvenile *Litopenaeus vannamei* when fed a low-fish meal amino acid-supplemented diet. **Aquaculture**, Amsterdam. v. 27, Issue 2, p. 337–347. 2019.

OTOSHI C.A.; NAGUWA S.S.; FALESCH F.C.; MCCROREY E.A; ANSON T.R.; MOSS S.M. Comercial-scale production of Pacific white shrimp *Penaeus Litopenaeus vannamei* in a biosecure, superintensive, recirculating aquaculture system. **In: ABSTRACTS OF AQUACULTURE AMERICA**, 2008. Lake Buena Vista Florida, USA, p. 9-12. 2008.

PEREZ-FARFANTE, I.; KENSLEY, B. F. The penaeoid and sergestoid shrimp and prawns of the world: Keys and diagnosis for the families and genera. Mem. Mus. D’Hist. Natur. n. 174, p. 1-233, 1997.

PIÉRRI V. Efeito da alcalinidade sobre o cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. 2012. 48 f. **Dissertação (Mestrado em Aquicultura)** – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2012.

PIERRI, V *et al.* Cultivation of marine shrimp in biofloc technology (BFT) system under different water alkalinities. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 75, n. 3, p. 558-564, 2015.

PONCE-PALAFIX, J, CA MARTINEZ-PALACIOS, LG ROSS. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile White shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture**, N. 157, P. 107-115. 1997.

RAYA.J., DRURY T.H., CECIL, A. Comparing clear-water RAS and biofloc systems: shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production, water quality, and biofloc nutritional contributions estimated using stable isotopes. **Aquacultural Engineering**, v. 77, pp. 9-14. 2017.

ROCHA, I. Impactos socioeconômicos e ambientais da carcinicultura brasileira: Mitos e verdades. **Revista da ABCC**, n. 4, p. 29-36, 2006.

SCHVEITZER, R.; ARANTE, R.; BALOI, M. F.; COSTODIO, P. F. S.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q. and ANDREATTA, E. R. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. **Aquacultural Engineering** v. 54, p. 93-103. 2013.

SILVA, A. F. *et al.* Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (BFT). **Ciênc. anim. bras.** v. 14, n. 3, p. 279-287. 2013

TAM, R. K. H.; DOMINY, W. G. Commercial pelleting of crustacean feeds. In: D'ABRAMO, L. R.; CONKLIN, D. E.; AKIYAMA, D. M. (Eds.), Crustacean nutrition. Baton Rouge: **The World Aquaculture Society**, p. 520-587. 1997.

VAN RIJN, J, Y TAL & HJ SCHREIER. 2006. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquacultural. Engineering.** v. 34, p. 364-376. 2006.

VAN WYK, P., SCARPA, J., Water Quality Requirements and Management. Farming Mar. Shrimp Recirc. Freshw. Syst. P. 141–161. 1999,

ZHANG PD, ZHAND XM, LI J, GAO TX. Effect of salinity on survival, growth, oxygen consumption and ammonia-N excretion of juvenile white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research** v. 40, p. 1419–1427. 2009.